

# Les Systèmes Multi Agents au Service de la Sécurité des Données Entreposées dans le Cloud

Sara Rhazlane\*,\*\* Nouria Harbi\*\*  
Nadia Kabachi\*\* , Hassan Badir\*

\*SDET, ENSAT Université Abdelmalek Essaadi Tanger, Maroc  
sara.rhazlane@gmail.com,  
hassan.badir@uae.ma,

\*\*Laboratoire ERIC Université Lyon 2 Lyon, France  
nouria.harbi@univ-lyon2.fr  
nadia.kabachi@univ-lyon1.fr

**Résumé.** Avec le nombre croissant d'utilisateurs connectés, les technologies numériques produisent de nombreux flux de données qui continuent d'augmenter à l'échelle mondiale. Par conséquent, de grandes quantités de données doivent être stockées et traitées à l'aide de services cloud qui tendent à soulever la question de protection des données et de la vie privée. Ces dernières années, les technologies basées sur les agents sont devenues un outil puissant pour le contrôle distribué et l'apprentissage. Dans ce contexte, une architecture basée sur les systèmes multi-agents a été proposée dans un travail antérieur visant à sécuriser à la fois le stockage et l'exploitation des données hébergées dans le Cloud. Dans cet article, les SMA et la sécurité sont discutés. Une étude bibliographique de la technologie est menée et l'intégration des agents dans le domaine de la sécurité est mise en évidence. De plus, un système de multi-agents sécurisé est proposé. Les résultats de simulation sur une étude de cas sont présentés.

## 1 Introduction

Le cloud computing fournit des services à grande élasticité, de hautes performances et un stockage de données évolutif à un nombre croissant d'utilisateurs, (Armbrust et al., 2010). Le cloud computing est un concept qui désigne un nouveau mode de gestion capable de s'adapter aux besoins des utilisateurs et des applications, il est vu comme étant une interconnexion et une coopération de ressources informatiques, situées dans des entités et structures internes, externes ou mixtes dont les modes d'accès sont basés sur les protocoles et standards Internet. Le Cloud aujourd'hui est la technologie la plus adoptée et offre une panoplie d'avantages et de services avec des architectures rentables, la prise en charge de la transmission, du stockage et du calcul intensif des données, ce qui le rend de plus en plus envisagé par les entreprises et les utilisateurs particuliers dont il impacte positivement les performances. Aujourd'hui, les services cloud sont principalement utilisés pour gérer des charges de calcul très intensives et pour fournir de très grandes facilités de stockage de données de manière variable. Cela signifie

## Les SMA pour la sécurité des données dans le Cloud

qu'il est possible de fournir de nouvelles ressources aux services de manière élastique en fonction de la demande actuelle. Le cloud offre également une grande commodité aux utilisateurs car ils n'ont pas à se soucier des complexités de la gestion directe du matériel, ceci dit avec une réduction potentiellement des coûts de gestion et d'utilisation.

Les systèmes multi agents représentent également un paradigme de calcul et de gestion distribué sous forme d'un ensemble d'agents qui interagissent dans un environnement pour résoudre un problème commun en utilisant les ressources et les connaissances de chaque agent. Les systèmes multi agents sont souvent distribués et l'agent dispose de fonctionnalités proactives et réactives très utiles. Une caractéristique clé des agents est l'intelligence qui peut être incorporée en eux sous forme d'intelligence collective ou une intelligence distribuée. Cette intelligence a fait ses preuves dans les aspects de prise de décision, la distribution de l'exécution, les objets communicants et surtout l'évolution des agents vers des composants logiciels de plus en plus autonomes capable d'agir en cas d'urgence sans intervention de l'utilisateur, ce qui peut être extrêmement bénéfique en termes de sécurité et prévention d'attaques.

Malgré le fait que le cloud computing et les systèmes multi agents soient deux modèles de calcul distribués, il existe plusieurs différences mais aussi une grande synergie entre les deux modèles qui peut être bénéfique dans les deux sens. D'une part, les efforts de recherche menés dans le domaine du cloud tendent vers des solutions pratiques pour affranchir les contraintes de l'outil informatique traditionnel à savoir les problèmes de l'espace de stockage, la portabilité des données, l'élasticité et l'agilité. Le but donc est d'avoir une haute disponibilité du service à des coûts réduits. D'autre part, l'utilisation des systèmes multi agents dans la recherche se distingue généralement dans trois types d'utilisations : la simulation de phénomènes complexes, la résolution de problèmes, et la conception de programmes tout en mettant l'accent sur l'aspect d'intelligence individuelle et collective. Ceci dit, dans les deux sens les deux paradigmes restent complémentaires. Le cloud offre une infrastructure puissante et distribuée nécessaire pour le développement et l'exécution d'applications agents. Tandis que le cloud peut bénéficier de l'intégration des caractéristiques des systèmes multi agents principalement leur intelligence pour surmonter le problème de sécurité et confidentialité des données. Etant donné que les services cloud déplacent les applications et les bases de données vers des serveurs où la gestion des données et des services peut ne pas être totalement fiable.

Dans cette perspective, une architecture globale basée sur les systèmes multi-agents a été proposée dans un de nos précédents travaux (Rhazlane et al., 2016), qui vise à assurer la sécurité des données entreposées dans le cloud à la fois en termes de stockage et d'exploitation. Du côté stockage, la technique d'altération proposée dans (Rhazlane et al., 2017) est utilisée pour sécuriser les données manuellement avant de les stocker. Et en terme d'exploration, des systèmes multi-agents sont utilisés pour exploiter les données stockées dans le Cloud. L'objectif principal de ce travail est de concevoir et mettre en oeuvre un agent d'altération des données chargé de modifier les données automatiquement et intelligemment. Cet agent utilisera le nouvel algorithme d'altération. Ensuite, il sera intégré dans le système multi-agent existant de manière à pouvoir communiquer facilement et interagir avec les autres agents du système.

Nous allons présenter l'ensemble du travail réalisé en commençant par une partie descriptive des trois axes que nous avons fixés pour aborder les aspects de synergie entre le cloud et les systèmes multi agents en présentant un état de l'art des travaux réalisés dans ce contexte. Cette partie explicative sera suivie d'un aperçu de l'architecture existante. Nous présenterons ensuite notre proposition concernant la conception de l'agent d'altération des données, suivie

d'une revue des premiers tests du système avant de finir avec des conclusions et perspectives.

## 2 Le Cloud Computing et les Systèmes Multi Agents

L'entreposage des données dans le cloud offre une grande commodité aux utilisateurs vu qu'ils n'ont pas à se soucier des complexités de la gestion directe du matériel. En effet, ces services en ligne fournissent de grandes quantités d'espace de stockage et des ressources scalables. Ce changement de plateforme et d'espace de travail élimine en même temps la responsabilité des services locaux (entreprise) pour la maintenance des données et se transmet au fournisseur cloud. En conséquence, les utilisateurs n'ont aucun pouvoir vis-à-vis de leurs fournisseurs de services pour la disponibilité et l'intégrité de leurs données. De plus, même si un client est en mesure de se permettre les meilleures offres en termes de sécurité, il reste contraint par ceux offerts par le fournisseur. En d'autres termes, le client n'a pas la possibilité d'améliorer ou d'adapter les niveaux de sécurité en fonction de ses besoins éventuels, étant donné qu'il ne pouvait plus gérer ces données une fois hébergées comme mentionné dans (Rawat et al., 2014). D'un autre côté, les données peuvent être volées et utilisées de manière malveillante par le fournisseur lui-même. Le défi ultime du cloud est la sécurité au niveau des données, et les données sensibles devront être protégées au niveau de l'entreprise, et non au niveau du fournisseur cloud. La sécurité devra passer au niveau des données pour que les entreprises puissent s'assurer que leurs données sont protégées partout où elles se trouvent. Ainsi, il est avantageux pour chaque client de prendre ses propres mesures de sécurité, indépendamment de ce que les fournisseurs offrent. Ces mesures peuvent être, l'utilisation de méthodes de protection de données à savoir la méthode d'altération ou des architectures sécurisées basées sur des agents intelligents adaptatifs et capables d'agir en cas d'intrusion et sans intervention de l'utilisateur.

Dans ce sens, malgré le fait qu'il n'existe pas une convergence claire et exacte entre les deux paradigmes, les systèmes multi agents offrent un cadre qui propose d'assurer l'intégrité, la confidentialité et la disponibilité des données cloud grâce à leurs caractéristiques d'autonomie, de proactivité et d'intelligence. Les systèmes offrent d'une part les fonctionnalités dont le cloud a besoin pour une gestion autonome de ses ressources, et le cloud offre en contrepartie les ressources et l'environnement dynamique dont les agents ont besoin pour communiquer et évoluer sous la forme d'un seul système. Selon (Othmane et Hebri, 2012), le cloud computing et les systèmes multi-agents représentent une nouvelle approche prometteuse pour l'exploration de données distribuées, et il existe quatre avantages de l'utilisation des agents pour l'exploration de données distribuées. A savoir, garder l'autonomie des sources de données, avoir une grande scalabilité vers des données distribuées massives, la stimulation de l'exploration de données distribuée multi-stratégie et l'activation de l'exploration de données collaborative, (Zhang et al., 2005). L'auteur ajoute également que dans certains systèmes basés sur les agents utilisés pour le cloud, les agents sont utilisés pour gérer les ressources cloud, observent le comportement de l'utilisateur et pour le mécanisme de négociation dans la collaboration des services cloud, ces agents traitent les services cloud (SaaS, PaaS, IaaS) comme étant des entités externes pour les créer, les appeler et les gérer. Les auteurs dans (Munteanu et al., 2013) interpellent dans la discussion des travaux menés dans la thématique des systèmes multi agents pour le cloud, le travail mené par (Talib et al., 2010) qui présente une approche proposant un framework de sécurité sur deux couches, une couche comprenant plusieurs agents et une autre couche au niveau du stockage des données dans le cloud. Les auteurs discutent une autre

approche intéressante qui vise à fournir une solution basée sur un agent pour la composition automatisée de services cloud, (Gutierrez-Garcia et Sim, 2010). Leurs solutions abordaient des problèmes tels que la contractualisation dynamique des fournisseurs de services, la modification des frais de service et les informations incomplètes sur les ressources cloud tout en utilisant des agents autonomes. Les auteurs dans (Talib et al., 2012) ont proposé une architecture dans le contexte de la sécurité du cloud basée sur des systèmes multi-agents. Cette architecture facilite la confidentialité, la disponibilité et l'intégrité des données de l'utilisateur stockées dans le cloud. La solution proposée consiste en deux couches principales, une couche agent et une couche cloud, et comprend cinq types principaux d'agents. Plus récemment, dans 2014, les mêmes auteurs (Talib et Elshaiekh, 2014) ont discuté de la possibilité d'une jointure entre le cloud et le «MAS-based CBR» et il a été spécifié dans l'article comment ceci peut être réalisé. Dans (Zhou et QinZhou, 2014), les auteurs ont proposé framework de sécurité des données à l'aide de la flexibilité, une bonne interaction et la forte capacité d'apprentissage des systèmes multi-agents. Cette architecture comprend quatre agents, à savoir «l'agent de confidentialité», «l'agent de correction», «l'agent de disponibilité» et «l'agent d'intégrité». Ces framework sous forme d'agents permettent d'assurer la sécurité du framework global. Une simulation par 15 utilisateurs a été réalisée pour tester la faisabilité de l'architecture proposée, et a montré une bonne performance.

On peut notamment remarquer que la majorité des travaux de recherche menées discutant la possibilité de synergie entre les agents et le cloud ont été axés vers le premier sens, à savoir l'utilisation du cloud par les agents (agents utilisant le cloud) comme un environnement et structure de développement. En effet, les auteurs dans (la Prieta et al., 2013) citent que les systèmes multi-agents n'ont pas joué un rôle important dans le développement de la technologie Cloud, comme le présente (Talia, 2012) dans son étude. Selon (Talia, 2012), il est possible de distinguer deux groupes de synergies : Les agents qui utilisent les fonctions de calcul et services d'un environnement cloud et les environnements Cloud qui utilisent les agents pour la gestion interne de leurs ressources, ou pour offrir des services intelligents.

## **2.1 Le Cloud au service des Systèmes multi agents**

Généralement, la synergie dans ce cas tend vers l'utilisation du cloud par les agents pour des fins de calcul et de gestion distribué. Le cloud est considéré comme un outil et environnement de travail, de partage et d'évolution d'agents sous ce qu'on appelle un système multi agents. Les auteurs dans (la Prieta et al., 2013) indiquent qu'il existe dans la littérature, des systèmes qui utilisent la puissance de calcul de l'environnement cloud pour effectuer des simulations dans différents domaines. Un autre exemple a été présenté par les auteurs, où l'environnement cloud est utilisé comme moteur de persistance pour l'information.

## **2.2 Les Systèmes multi agents au service du Cloud**

Dans ce cas d'étude, les possibilités de synergie entre les deux paradigmes est plus élargie, voir figure 1. Les auteurs dans (la Prieta et al., 2013) présentent un état de l'art dans lequel plusieurs articles cités présentent des exemples concrets et qui mettent en évidence trois sous-groupes d'applications : la combinaison de ressources entre fournisseurs de cloud ; la planification et la coordination des ressources partagées ; et établir des contrats entre les utilisateurs et les fournisseurs de services cloud. Comme le souligne les auteurs, il est possible de trouver

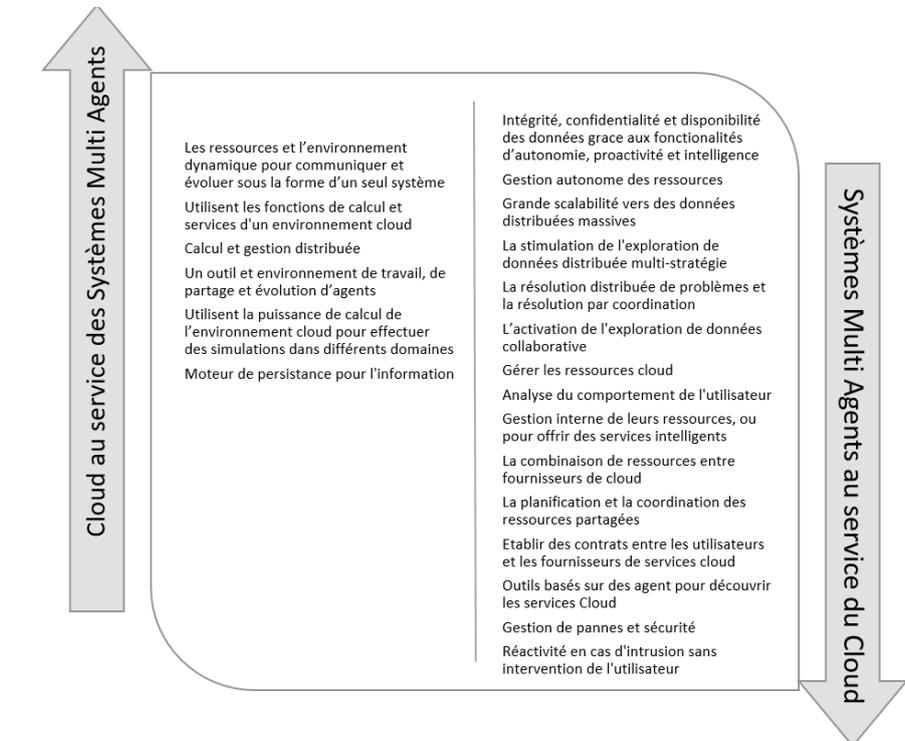


FIG. 1 – Synergies entre le Cloud Computing et les Systèmes Multi Agents

des études qui développent un service cloud en utilisant des agents à des fins spécifiques différentes ou un outil basé sur un agent pour découvrir les services Cloud. Les auteurs ont aussi cité des études qui utilisent des ressources cloud partagées pour proposer des services IaaS. Les auteurs ont aussi bien souligné l'application d'algorithmes de négociation et d'accord à différents niveaux et processus au sein d'un framework d'un environnement cloud.

### 2.3 Synthèse

L'étude de ces travaux de recherche, a permis de conclure qu'il existe une éventuelle synergie entre les systèmes multi agents et Cloud Computing. Généralement, la synergie tend vers l'utilisation du cloud par les agents pour des fins de calcul et de gestion distribuée. Tandis que le cloud est considéré comme un outil et environnement de travail, de partage et d'évolution d'agents. Ces synergies ont été exploitées de manière plus détaillée dans la figure 1. L'utilisation des systèmes multi-agents dans la sécurité des données dans le Cloud reste une approche nouvelle et n'a été abordée que dans des travaux limités.

Les solutions de sécurité proposées dans la littérature n'offrent pas une solution globale combinant le stockage et l'exploitation des données. L'originalité de notre approche est la proposition d'une solution qui gère le stockage et l'exploitation sécurisée des données aussi

bien que l'utilisation des systèmes multi agents pour leurs caractéristiques, qui vont permettre d'une façon optimale de garantir la confidentialité, la disponibilité et l'intégrité des données au niveau stockage et exploitation. Notre solution propose également une approche nouvelle de chiffrement de données en utilisant un algorithme d'altération personnalisée et avec des résultats de chiffrement dynamiques qui permettra « d'altérer » les données tout en préservant leur format afin de donner aux utilisateurs malveillants ou aux administrateurs cloud non fiables une illusion sur la véracité des données et donc réduire le risque de piratage. Etant donné que les méthodes et les solutions de chiffrement de données existantes ont la capacité de « cacher » des données dans un format généralement illisible qui peut alerter les pirates et détecter facilement le processus de chiffrement.

L'objectif est également d'utiliser les systèmes multi-agents pour leurs fonctionnalités, ce qui permettra d'optimiser la confidentialité, la disponibilité et l'intégrité de l'exploitation des données. Notre solution est dotée d'un SMA opérationnel pour la planification et la coordination des ressources partagés, capable de gérer les pannes du système et d'assurer sa sécurité en interne et en externe et d'agir en cas d'intrusion sans intervention de l'utilisateur.

La solution pourra aussi assurer l'automatisation du processus de préservation de la sécurité à l'aide d'un système intelligent, communicant et auto-apprenant peut réduire les problèmes de sécurité puisque les administrateurs du cloud sont tenus à l'écart de la majorité des tâches sensibles.

### 3 Architecture Proposée

Comme proposé dans (Rhazlane et al., 2017), notre proposition s'inscrit dans la perspective de proposition d'une architecture de préservation de la sécurité des données hébergées dans le cloud, exploitant les caractéristiques des systèmes multi agents pour fournir une solution optimale et sécurisée de stockage et d'exploration. Cette solution de sécurité qui peut être adoptée par des entreprises ou à usage personnel permet à l'utilisateur de bénéficier des services cloud en préservant la sécurité de ses données sensibles sur deux volets : un volet préservant la sécurité du stockage et un volet préservant la sécurité de l'exploitation des données. L'aspect du stockage de données de la solution est basé sur un processus d'altération pour sécuriser et crypter les données avant le stockage dans le Cloud, ainsi qu'un système multi-agent intelligent conçu pour optimiser l'exploitation sécurisée des données. Comme présenté dans l'architecture proposée dans (Rhazlane et al., 2017), le processus d'altération est effectué à chaque fois manuellement par le propriétaire administrateur des données. Afin de proposer une nouvelle version du processus d'altération, une version modifiée de l'architecture (Voir figure 2) devrait être proposée avec de nouveaux agents qui exploitent le stockage de données plus profondément. D'autre part, la partie exploitation des données nécessitait des modifications au niveau des rôles des agents pour améliorer la gestion des requêtes utilisateur. La nouvelle architecture proposée est désormais distribuée avec des agents réactifs communicants et une charge de traitement bien répartie pour minimiser les dégâts en cas d'attaque ou intrusion. La nouvelle architecture est composée de 4 acteurs principaux :

- Les propriétaires administrateurs de données : Ils sont responsables de la définition des données (quelles colonnes de la table) à altérer. Ces métadonnées sont ensuite utilisées, d'une part, pour altérer les données avant de les stocker dans la base de données hébergée par le fournisseur de cloud, et d'autre part, par l'outil d'exploration de la base

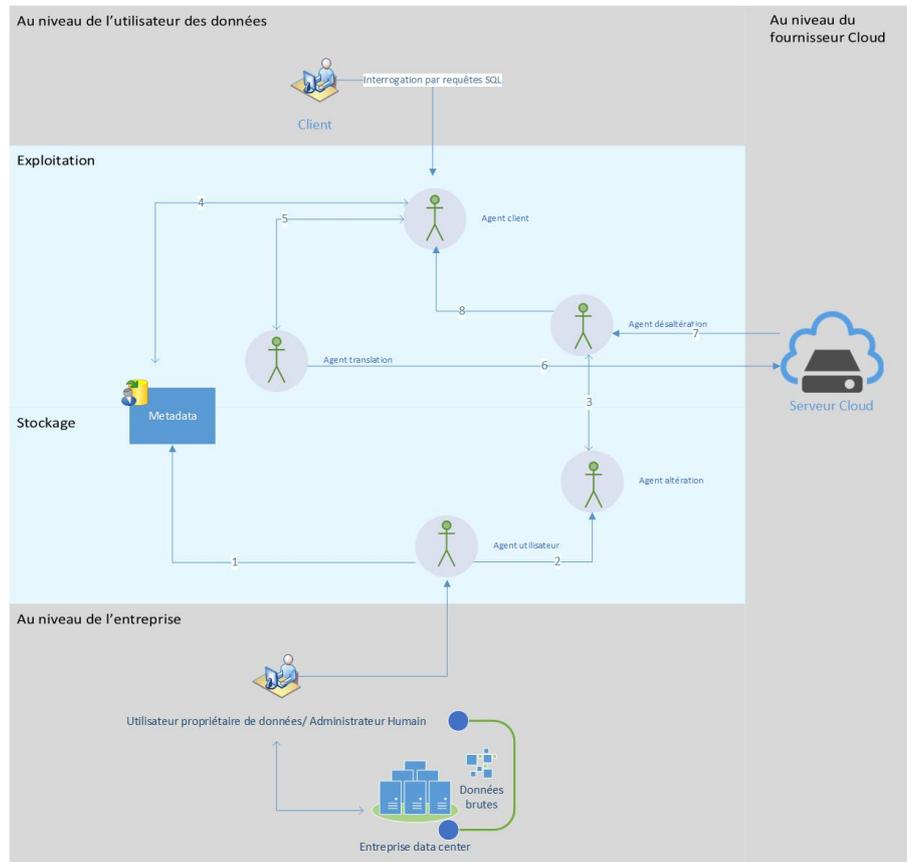


FIG. 2 – Nouvelle architecture proposée

de données. Les administrateurs peuvent mettre à jour les métadonnées et déployer la base de données dans le cloud ;

- Le client : Explore la base de données, à l'aide de son application, peut envoyer la requête pour interroger la base de données Cloud altérée à travers le SMA et recevoir les résultats en tant que données désaltérées ;
- Le serveur cloud : Reçoit la requête et renvoie les résultats via le SMA ;
- Le système multi-agents (SMA), qui comprend 2 parties : le composant d'exploitation des données, qui comprend 3 agents (agent client, agent de translation et agent de désaltération) et le volet composant de stockage des données impliquant 3 agents (agent utilisateur, agent d'altération et agent de désaltération) et un objet (BD de métadonnées), sur lequel nous serons particulièrement intéressés et décrirons plus tard.

L'architecture proposée vise à proposer une solution globale de sécurité. La sécurité des données entreposées dans le cloud est gérée du côté stockage par la solution d'altération accessible via l'agent d'altération, et le côté stockage sécurisé est géré par le SMA. Une authenti-

fication des utilisateurs est gérée à base de profils utilisateurs dans un travail proposé par notre équipe également dans (ElOuazzani et al., 2018a) , (ElOuazzani et al., 2016) et (ElOuazzani et al., 2018b).

Concernant les agents, leur intégration a été faite suivant 3 volets : authentification, clonage et apprentissage et recommandation. Une authentification entre agents est nécessaire pour assurer la sécurité de communication entre les différents agents. Cette sécurisation est gérée par des jetons d'authentification. Pour avoir un système opérationnel il était aussi donc nécessaire d'assurer un système de clonage pour les agents et afin d'éviter une anomalie du système en cas de panne. Concernant le volet apprentissage qui est le volet le plus prometteur de notre solution, les agents ont été conçus de manière à ce qu'il possède la capacité d'apprentissage et de recommandation pour avoir un système intelligent capable d'agir en cas de panne ou d'intrusion sans intervention de l'utilisateur. Les agents du système possèdent la capacité de garder la traçabilité des requêtes les plus fréquentes interrogés par le client, la capacité de l'agent à apprendre par rapport à son activité et en déduire sa propre autonomie aussi bien que sa capacité à apprendre de l'historique des opérations et actions des utilisateurs.

Dans ce travail, nous allons nous concentrer sur l'exploration de la section de stockage de données de l'architecture. Notre proposition est de mettre en oeuvre le processus de stockage de données dans le cloud en intégrant un nouvel agent au sein de notre système en se basant sur l'architecture proposée aussi bien que notre solution d'altération. Dans la suite, la description du processus et les résultats.

## 4 Agent d'altération

1. Le propriétaire (proprio) souhaitant modifier ses données les transfèrent à « l'agent utilisateur » ;
2. Ce dernier reçoit les données et les consulte. En utilisant son application, il définit les colonnes à altérer puis génère les métadonnées (Qui sont définies sous forme d'une table comprenant le nom de la colonne à altérer, son identifiant et sa clé) et les transfèrent à la « métadonnées BD » et ensuite à « l'agent d'altération ». Il permet également l'accès aux données réelles à « l'agent d'altération » ;
3. L'agent d'altération (figure 3) en se basant sur la base de données réelle et les métadonnées, altère les colonnes sensibles sélectionnées et stocke les résultats dans le cloud. Il utilise l'algorithme d'altération que nous avons proposé dans des travaux précédents en changeant les valeurs des colonnes sélectionnées vers un format lisible mais chiffré. L'agent d'altération génère également des fonctions inverses qui permettront plus tard la désaltération des données et les transfèrent à « l'agent de désaltération ». Les données altérées sont hébergées dans le cloud.

Les agents développés sont de type réactif, ce qui signifie qu'ils ont un comportement de réponse de type stimuli à ce qu'ils perçoivent. Nous avons utilisé la plateforme JADE pour le développement d'agents en Java (Voir la section Résultats préliminaires pour plus de détails de fonctionnement).

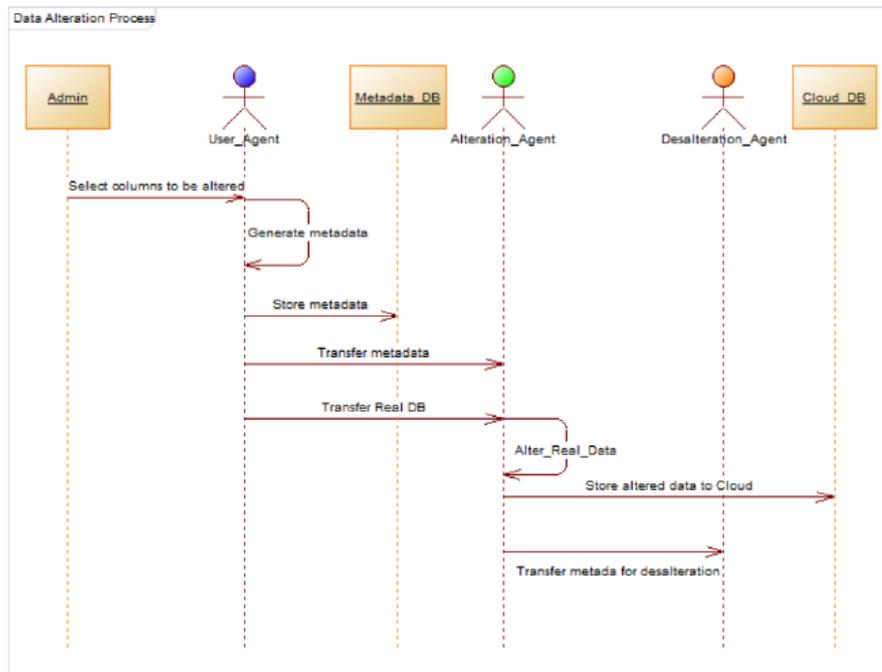


FIG. 3 – Diagramme de séquence du processus d'altération dans le SMA existant.

## 5 Résultats Préliminaires

Notre objectif principal est de protéger les données entreposées dans le Cloud en utilisant la technique d'altération. Ces données sont gérées par l'administrateur propriétaire de données, elles contiennent des données sensibles nécessitant leur sécurisation avant hébergement dans le cloud. Pour le test de notre solution nous avons opté pour une base de données de base mais la solution est notamment scalable pour l'utilisation de bases de données plus volumineuses. Par conséquent, nous avons développé un agent d'altération dans l'architecture existante qui va modifier les données avant de les stocker dans le Cloud. Dans ce contexte, nous avons développé un sous-multi système d'agents se présentant en tant qu'application utilisateur qui implémente la technique d'altération et le processus de stockage de données tel que décrit dans l'architecture existante. Pour le test, nous avons produit des données de la base de données SCOTT. Nous avons créé une base de données appelée "EnsatSarl". Aussi, lors de la démonstration, nous étions intéressés par 2 aspects :

- Différentes interactions entre les agents développés et l'administrateur, visualisées à travers les interfaces ;
- Différentes interactions entre les agents visualisés par « l'agent sniffer » et « l'agent introspecteur » qui sont des agents intégrés dans la plateforme JADE permettant la visualisation des messages échangés entre agents.

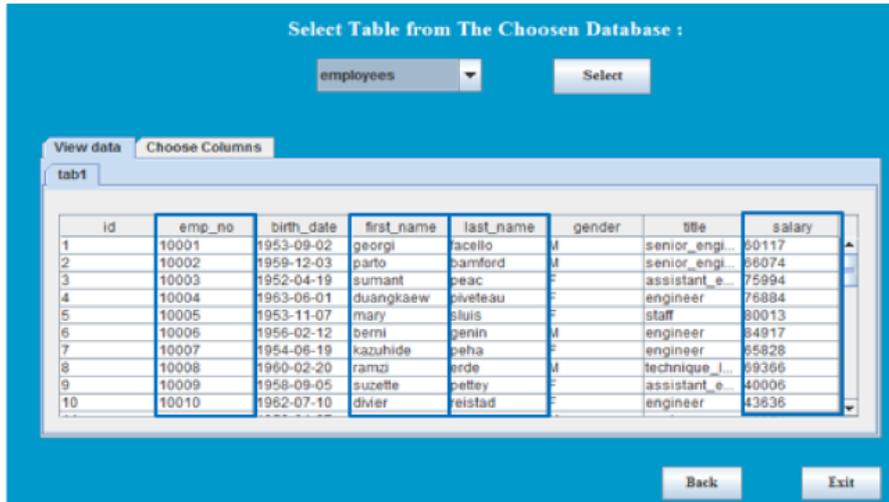


FIG. 4 – Sélection des tables à altérer.

Lorsque l'application est lancée, le UserAgentGUI charge les différents noms de bases de données présentes et les affiche dans son interface. Dans l'exemple suivant, nous avons choisi la base de données « Ensatsarl ». Ensuite, les noms de tables de la base de données sélectionnée sont chargés et l'utilisateur (administrateur de données) choisit une table contenant les données qu'il souhaite modifier. Nous choisissons par exemple la table « employees ». Une fois la table sélectionnée, le contenu est affiché comme illustré à la figure 4.

Ensuite, l'utilisateur affiche la description de la table sélectionnée et sélectionne les colonnes à altérer. Pour le test, nous avons choisi de modifier les colonnes « emp-no », « first-name », « last-name » et « salary » de la table des employés. Une fois validé, le « UserAgentGUI » envoie les informations nécessaires à « l'agent d'altération » pour modifier les colonnes sélectionnées. Ces informations sont envoyées par des messages de type « INFORM » montrés à la figure 5.

Après réception des informations, « l'agent d'altération » modifie les colonnes sélectionnées et les stockent dans une base de données qu'il crée (Cette base de données sera hébergée plus tard dans le cloud). Lorsque ce processus est terminé, « l'agent d'altération » demande à l'utilisateur s'il veut visualiser ou désaltérer les données modifiées. Si la réponse de l'utilisateur est « OUI », « l'agent d'altération » informe l'agent de désaltération « DesaltAgentGUI » de la commande comme indiqué sur la Figure 6.

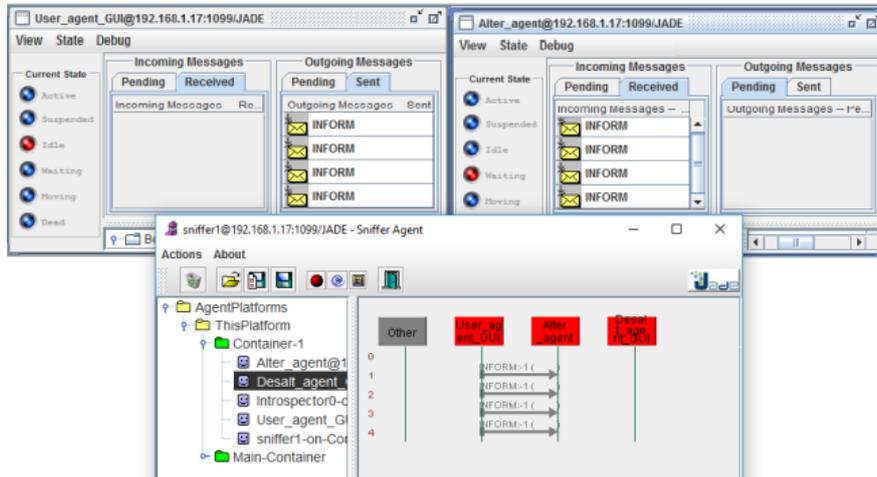


FIG. 5 – La communication du UserAgent et AlterAgent avec l’Introspector et Sniffer Agent.

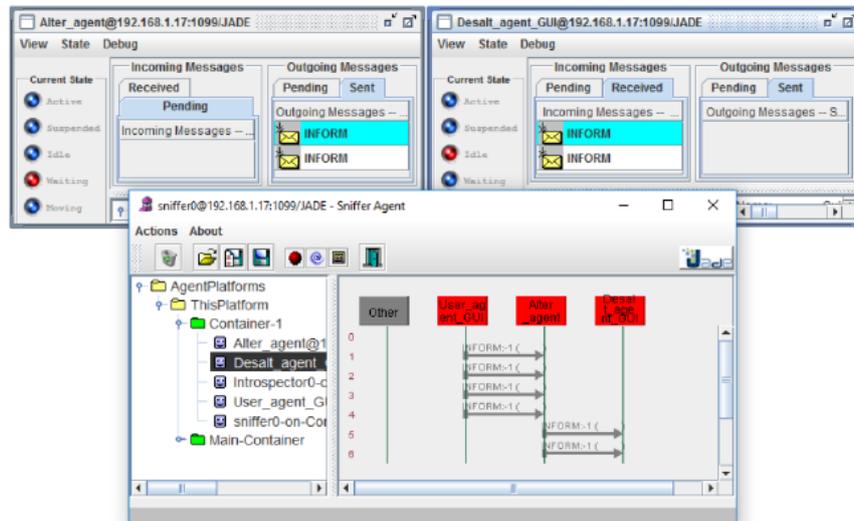


FIG. 6 – La communication du AlterAgent et DesaltAgentGUI avec l’Introspector et Sniffer Agent.

Les données altérées peuvent être visualisées et l’utilisateur peut choisir laquelle des colonnes altérées il souhaite désalterer, voir la figure 7. « L’agent de désaltération » effectue la désaltération et charge finalement les données dans son interface pour visualisation, figure 8.

Les SMA pour la sécurité des données dans le Cloud

The screenshot shows a software interface with three tabs: "View Cloud Data", "Choose Columns to Desalter", and "View Desalted Data". The "View Desalted Data" tab is active, displaying a table with 10 rows and 8 columns. The columns are: id, emp\_no, birth\_date, first\_name, last\_name, gender, title, and salary. The first four columns (emp\_no, birth\_date, first\_name, last\_name) are highlighted with a yellow border, indicating they are the columns being desalted. The data in the table is as follows:

id	emp_no	birth_date	first_name	last_name	gender	title	salary
1	467532548	1953-09-02	fidelio	gtydwd	M	senior_engi...	82639
2	53393	1959-12-03	gtlqd	fygdib	M	senior_engi...	817605
3	438628921	1952-04-19	olytbq	gaby	F	assistant_e...	908813
4	739	1963-06-01	btbitdy	gowdqdtt	F	engineer	95636501
5	47797992	1953-11-07	yul	orton	F	staff	2087168
6	60212	1956-02-12	vdibo	bob	M	engineer	623775959
7	5995500	1954-06-19	ttgtobd	gill	F	engineer	85001
8	425543	1960-02-20	ltygo	dud	M	technique_l...	1693048
9	35689	1958-09-05	ofgdqdd	gdqdd	F	assistant_e...	12238
10	2244962	1962-07-10	bowodi	dooqtb	F	engineer	385727292

FIG. 7 – Vue sur les données altérées.

The screenshot shows the same software interface as Figure 7, but with the "View Desalted Data" tab displaying a table where the first four columns (emp\_no, birth\_date, first\_name, last\_name) are highlighted with a blue border, indicating they are the columns being desalted. The data in the table is as follows:

id	emp_no	birth_date	first_name	last_name	gender	title	salary
1	10001	1953-09-02	georgi	gtydwd	M	senior_engin...	98102418
2	10002	1959-12-03	parto	vfygdib	M	senior_engin...	7123915
3	10003	1952-04-19	sumant	gaby	F	assistant_en...	18533
4	10004	1963-06-01	duangkaew	gowdqdtt	F	engineer	463433214
5	10005	1953-11-07	mary	orton	F	staff	477338
6	10006	1956-02-12	berni	bob	M	engineer	650311
7	10007	1954-06-19	kazuhide	gill	F	engineer	1530
8	10008	1960-02-20	ramzi	dud	M	technique_le...	2553
9	10009	1958-09-05	suzette	gdqdd	F	assistant_en...	1976228
10	10010	1962-07-10	divier	ldooqtb	F	engineer	54645
11	10011	1959-01-27	karsten	qdovob	M	engineer	50696513
12	10012	1960-08-09	jeong	ldooqtb	F	engineer	8568783
13	10013	1956-11-14	arif	ydlvd	M	technique_le...	47798283

FIG. 8 – Vue sur les données désaltérées.

## 6 Conclusion et Perspectives

Dans le cadre de ce travail, nous avons proposé une solution de stockage sécurisé de données en utilisant un agent d'altération conçu et implémenté en utilisant la plateforme JADE. Cette proposition était basée sur un travail antérieur et était une continuation de la proposition d'une solution de stockage et d'exploration de données dans l'environnement cloud. Une étude bibliographique de la technologie SMA a été menée et l'intégration des agents dans le domaine de la sécurité a été discutée et mise en évidence. Nous nous sommes ensuite concentrés sur la

solution d'altération et son processus ainsi que sur l'architecture du système multi-agents et sur la proposition jointe aux résultats des tests sur des jeux de données réels. Le travail s'accompagne de plusieurs perspectives, notamment le développement des caractéristiques d'intelligence des agents au sein de l'architecture proposée mais aussi le développement des aspects de communication et l'évolution des agents au sein de l'environnement cloud.

## Références

- Armbrust, M., A. Fox, R. Griffith, A. D. Joseph, R. Katz, A. Konwinski, G. Lee, D. Patterson, A. Rabkin, I. Stoica, et M. Zaharia (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM* 53, 50–58.
- ElOuazzani, A., N. Harbi, et H. Badir (2018a). User profile management to protect sensitive data in warehouses. *International Journal of Next-Generation Computing* 9.
- ElOuazzani, A., S. Ouederrou, S. I. E. Ahrache, N. Harbi, et H. Badir (2018b). Preventive inference control between user profiles in data warehouse. *International Journal of Next-Generation Computing* 9, 100–118.
- ElOuazzani, A., S. Rhazlane, N. Harbi, et H. Badir (2016). Dynamic management of data warehouse security levels based on user profiles. In IEEE (Ed.), *2016 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology*, pp. 59–64.
- Gutierrez-Garcia, J. O. et K.-M. Sim (2010). Self-organizing agents for service composition in cloud computing. In *Second International Conference, CloudCom. Indianapolis, Indiana, USA, Proceedings*, pp. 59–66.
- la Prieta, F. D., S. Rodriguez, J. Bajo, et J. M. Corchado (2013). A multiagent system for resource distribution into a cloud computing environment. In *Advances on Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems. PAAMS 2013*, Volume 7879. Springer.
- Munteanu, V. I., T.-F. Fortis, et V. Negru (2013). An event driven multi-agent architecture for enabling cloud governance. In *2012 IEEE Fifth International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC)*. IEEE.
- Othmane, B. et R. S. A. Hebri (2012). Cloud computing & multi-agent systems: A new promising approach for distributed data mining. In *Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on Information Technology Interfaces (ITI)*. IEEE.
- Rawat, N., R. Srivastava, B. K. Pandey, P. Rawat, S. Singh, et A. Sharma (2014). Data security issues in cloud computing. *Open Journal of Mobile Computing and Cloud Computing* 1, 9–17.
- Rhazlane, S., H. Badir, N. Harbi, et N. Kabachi (2016). Intelligent multi agent system based solution for data protection in the cloud. In *2016 IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)*, pp. 111–122. IEEE.
- Rhazlane, S., A. E. Ouazzani, N. Harbi, N. Kabachi, et H. Badir (2017). Data alteration: A better approach to securing cloud data with encryption. In *the EDA Conference Revue des Nouvelles Technologies de l'Information*, pp. 111–122. RNTI.
- Talia, D. (2012). Clouds meet agents: Toward intelligent cloud services. *IEEE Internet Computing* 16, 78–81.

- Talib, A. M., R. Atan, R. Abdullah, et M. A. A. Murad (2010). Security framework of cloud data storage based on multi agent system architecture: Semantic literature review. *Computer and Information Science* 3, 175–186.
- Talib, A. M., R. Atan, R. Abdullah, et M. A. A. Murad (2012). Security framework of cloud data storage based on multi agent system architecture - a pilot study. international conference. In *International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management*, pp. 54–59. IEEE.
- Talib, A. M. et N. E. M. Elshaiekh (2014). Multi agent system-based on case based reasoning for cloud computing system. In *APJES II-II*, pp. 34–38.
- Zhang, C., Z. Zhang, et L. Cao (2005). Agents and data mining: Mutual enhancement by integration. In *Autonomous Intelligent Systems: Agents and Data Mining. AIS-ADM 2005*, Volume 3505, pp. 50–61. Springer.
- Zhou, H. et S. QinZhou (2014). Security framework for cloud data storage based on multi-agent system. *Computer Modelling & New Technologies*, 548–553.

## Summary

With the fast-growing number of users connected, digital technologies are producing numerous data streams that continues to increase globally. As a result, large amounts of data are on the need to be stored and processed using cloud services. Along with the use of cloud solutions comes the severity of potential damage and services tend to raise the issue of data protection and privacy. In recent years, agent-based technology becomes a powerful tool for distributed control and security. In that context, an architecture based on multi-agent systems was proposed on a previous work which aims to secure both storage and exploration of data hosted in the Cloud. In this paper, MASs and security are discussed. A state-of-the-art literature survey is conducted and agent integration is highlighted. In addition, a secure multi-agent system scheme is proposed. Simulation results for a case study are presented.