

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

En vue d'obtention du diplôme de Master

**Domaine : MI**

**Filière : Informatique**

**Spécialité : Système informatique et réseaux**



**Thème :**

***Réalisation d'une plateforme collaborative pour la e-maintenance industrielle en exploitant la plateforme Cloud du CDTA***

**Présenté par :**

Elakel Nesrine  
Ezzouaoui Lamia

**Encadré par :**

Dr. Tiberkak Allal  
Dr. Benbelkacem Samir.

**Promoteur :** Pr. Ouldkaoua Mohamed

**Devant le jury composé de :**

Mr. Benyahia Mohamed  
Mme. Boutoumi Bachira

**Président**  
**Examinatrice**

# Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail. En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur : **Mr. Allal TIBERKAK**, et notre promoteur : **Mr. Mohamed OULD-KHAOUA**, de leurs précieux conseils et leurs aides durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail:

À mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études.

À mes chères sœurs : Sihem, Ahlem, Yasmine qui ont été toujours présent pour moi.

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

NESRINE

# Dédicaces

Je tiens avec grande plaisir que je dédie ce travail

A mes très chère parents source de vie, d'amour et d'espoir et de motivation

A ma sœur SAFA et mon frère MOHAMED, source de joie et de bonheur

A tous les membres de ma famille.

LAMIA

# Résumé

Ce projet de fin d'étude initie au CDTA au sien de l'équipe de recherche Interaction, Réalité Virtuelle et Augmentée (IRVA). L'objectif du projet est de réaliser une plateforme collaborative pour la e-maintenance industrielle en exploitant la plateforme Cloud du CDTA.

Notre travail de recherche consiste à proposer une architecture pour une application temps réel, cette application permet une communication audio, visuelle, et textuelle en utilisant la technologie de la réalité augmentée. Cette architecture permet à des experts distants. Cela en offrant la possibilité de télé-assister en temps réel des techniciens pour la réalisation et la réparation des pannes de maintenance. Notre principale contribution consiste à ajouter le serveur TURN pour résoudre les problèmes du blocage de l'UDP par les pare-feux ou les NAT.

## ملخص

مشروع نهاية الدراسة هذا مقترح في مركز التنمية للتكنولوجيات المتطورة من طرف فريق البحث في الواقع الافتراضي والتفاعل ثلاثي الأبعاد. يهدف المشروع إلى تحقيق منصة تعاونية للصيانة الإلكترونية الصناعية من خلال استغلال المنصة السحابية لمركز تنمية التكنولوجيات المتطورة. الهدف من المشروع هو تطوير منصة موزعة للصيانة الإلكترونية للأنظمة الصناعية باستعمال الواقع المعزز. يتوقف مشروعنا العلمي في اقتراح بنية لتطبيق وقت حقيقي، كما يتيح اتصالا صوتيا ومرئيا ونصيا، ويستخدم هذا التطبيق تكنولوجيا الواقع المعزز. تسمح هذه البنية لجميع الخبراء بإمكانية تقديم إرشادات عن بعد لتقنيي إصلاح أعطال الآلات الميكانيكية ومن أجل القيام بأعمال الصيانة. مساهمتنا هي استخدام خادم الانعطاف لحل مشاكل حظر (UDP) من قبل جدران الحماية أو ترجمة عنوان الشبكة (NAT).

## Abstract

This end-of-study project introduces the CDTA to the Interaction, Virtual and Augmented Reality (IRVA) research team. The aim of the project is to achieve a collaborative platform for industrial e-maintenance by exploiting the CDTA Cloud platform.

Our research work consists in proposing an architecture for a real-time application; this application allows audio, visual, and textual communication using augmented reality technology. This architecture allows remote experts. This by offering the possibility to tele-assist technicians in real time in the realization and repair of maintenance failures. Our

contribution is to use the TURN server to solve the problems of UDP blocking by the firewalls or the NAT.

# Sommaire

Introduction générale .....	1
Problématique .....	2
Structure du mémoire.....	2
Chapitre 1.....	4
Réalité augmenté .....	4
1.1. Introduction.....	4
1.2. Définition de la réalité augmentée.....	4
1.2.1. Architecture des systèmes de réalité augmentée .....	5
1.2.1.1. Marqueurs .....	6
1.2.2. Principes de fonctionnement de la réalité augmentée .....	6
1.2.3. Applications de la réalité augmentée.....	7
1.2.3.1. Médical .....	8
1.2.3.2. Fabrication, entretien et réparation .....	8
1.2.3.3. Formation militaire .....	9
1.2.3.4. Robotique et télé-robotique .....	10
1.2.4. Avantages de la réalité augmentée .....	11
1.2.5. Inconvénients du la réalité augmentée.....	12
Chapitre 2.....	14
Streaming dans les réseaux IP .....	14
2.1. Introduction.....	14
2.2. Network Adresse Translation (NAT) .....	14
2.2.1. Principe du NAT .....	15
2.2.2. Intérêt du NAT .....	15
2.2.3. Types du NAT .....	15
2.2.3.1. NAT statique .....	15

a.	Avantages du NAT statique .....	16
b.	Inconvénient du NAT statique .....	16
2.2.3.2.	NAT dynamique.....	16
a.	Avantages du NAT dynamique.....	17
b.	Inconvénients du NAT dynamique .....	17
2.2.3.3.	NAT Symétrique .....	17
2.2.4.	Solutions de la traversée du NAT .....	18
2.2.4.1.	STUN .....	19
a.	Avantages du STUN.....	19
b.	Inconvénients du STUN.....	19
2.2.4.2.	TURN.....	19
a.	Avantages du TURN .....	20
b.	Inconvénients du TURN .....	20
2.3.	Protocoles de transfert de flux multimédia .....	20
2.3.1.	Protocole RTP:.....	20
2.3.1.2.	Fonctions .....	20
2.3.1.3.	Avantages et inconvénients du protocole RTP.....	21
2.3.2.	Protocole RTCP .....	21
2.3.2.1.	Fonctions .....	21
2.3.3.	Protocole SIP .....	21
2.3.3.1.	Fonctions .....	21
2.3.3.2.	Avantages de protocole SIP.....	22
2.3.3.3.	Inconvénients de protocole SIP .....	22
2.3.4.	Protocole Real Time Streaming Protocol (RTSP) .....	22
2.3.4.1.	Fonctions du protocole RTSP .....	22
2.4.	Définition de Cloud computing .....	23
2.4.1.	Types de services Cloud .....	23



2.4.1.1. IaaS .....	24
2.4.1.2. PaaS .....	24
2.4.1.3. Serverless .....	24
2.4.1.4. SaaS .....	24
2.4.2. Types de Cloud Computing .....	24
2.4.2.1. Cloud public .....	25
2.4.2.2. Cloud privé .....	25
2.4.2.3. Cloud hybride .....	25
2.4.3. Avantages du Cloud Computing .....	25
2.4.4. Inconvénients du Cloud Computing .....	25
Conclusions .....	26
Chapitre 3 .....	27
Etat de l'art .....	27
3.1. Introduction .....	27
3.2. Principales plateformes de maintenance .....	27
3.2.1. Machinery Information Management Open Systems Alliance (MIMOSA) .....	28
3.2.2. Dynamic Decisions in Maintenance(DYNAMITE) .....	29
3.2.3. PROTEUS .....	31
3.2.4. Comparaison entre les trois plateformes de maintenance .....	33
3.3. Travaux Réalisées à CDTA .....	33
3.3.1. Développement d'un système de collaboration basé sur les services web pour une application de réalité augmentée . .....	34
a. Avantages .....	35
b. Inconvénients : .....	35
3.3.2. Communication audio, visuel et données pour une plate-forme distribuée pour l'e-maintenance industrielle .....	35

a. Avantages :	37
b. Inconvénients :	37
3.3.3. Plateforme Application-Level Gateway (ALG)	37
a. Avantage d'ALG :	38
b. Inconvénients d'ALG :	38
3.3.5. Comparaison entre les travaux réalisés à CDTA	38
Conclusion	39
Chapitre 4	40
Conception d'un système de	40
Téléassistance à la maintenance	40
4.1. Introduction	40
4.2. Architecture globale de système	40
4.3. Elaboration des cas d'utilisation	42
4.3.1. Diagramme des cas d'utilisation global	42
4.3.1.1. Accès au système	43
4.3.1.2. Mise à jour des comptes	44
4.3.1.2.1. Ajouter un utilisateur	45
4.3.1.2.2. Supprimer un utilisateur	46
4.3.1.2.3. Modifier un utilisateur	46
4.3.1.3. Demande la liste des experts en ligne	46
4.3.1.4. Demander l'aide de l'expert	47
4.3.2. Diagrammes de séquence	49
4.3.2.1. Diagramme de séquence "S'authentifier"	49
4.3.2.2. Diagramme de séquence "Ajouter un compte"	50
4.3.2.3. Diagramme de séquence " Supprimer un compte"	51
4.3.2.4. Diagramme de séquence " Modifier un compte"	52

4.3.2.5. Diagramme de séquence " Demande la liste des experts en ligne" .....	53
4.3.2.6. Diagramme de séquence "Demande l'aide d'un expert" ..	54
4.3.2.7. Diagramme de séquence "créer canal" .....	55
4.3.2.8. Diagramme de séquence "créer canal de vidéo" .....	56
4.3.2.9. Diagramme de séquence "créer canal d'audio" .....	57
4.3.2.10. Diagramme de séquence "créer canal de chat" .....	58
4.3.2.11. Diagramme de séquence "créer canal de RA" .....	58
Conclusion .....	59
Chapitre 5.....	61
Réalisation du Système.....	61
5.1. Introduction.....	61
5.2. Environnement et outils de développement .....	61
5.2.1. Partie matérielle .....	61
5.2.2. Partie logicielle .....	62
5.2.2.1. Langage de programmation c# .....	62
5.2.2.2. Visual Studio 2015.....	63
5.2.2.3. Utilitaire graphique (Direct3D) .....	63
5.2.2.4. JSON Framework for .NET .....	63
5.2.2.5. Lumisoft media for c# .....	63
5.2.2.6. Krypton Toolkit .....	63
5.2.2.7. NyARToolkit .....	63
5.2.2.8. SGBD .....	64
5.2.3. Composant du notre system.....	64
5.2.3.1. Serveur application .....	64
5.2.3.2. Application de l'administration .....	65
A. Interface d'authentification .....	65

B. Interface d'administration.....	66
5.2.3.3. Application du technicien .....	67
A. Interface d'authentification .....	67
B. Interface pour la liste des experts en ligne .....	68
C. Interface pour choisir le type d'appel.....	68
5.2.3.4. Application du l'expert .....	69
A. Interface d'authentification .....	70
B. Choisir type d'appel .....	70
C. Interface d'insertion des objets 3D. ....	71
5.2.4 Test et résultat .....	72
5.2.4.1. Exemple de communication textuel.....	72
5.2.4.2. Exemple de communication par image.....	72
Conclusion .....	73
Conclusion Générale.....	74
Vision Perspective .....	75
Bibliographies.....	76
Annexe .....	81
1. Présentation de l'architecture d'un système client/serveur .....	81
1.1. Avantages de l'architecture client/serveur .....	81
1.2 Inconvénients de l'architecture client/serveur .....	81
1.3 Fonctionnement d'un système client/serveur.....	81
2. Présentation de l'architecture d'un système Pair-à-Pair.....	82
2.1. Avantages de l'architecture Pair-à-Pair .....	82
2.2. Inconvénients de l'architecture Pair-à-Pair .....	82
2.3. Fonctionnement d'un système Pair-à-Pair .....	82
3.Format des en-têtes et leurs contenus de RTP.....	83
4.Types de rapport du RTCP .....	84

5. OSA/CBM .....	84
6. EAI .....	84
7. Nouvelle Technologies de l'Information et de la Communication(NTIC) .....	85
8. Système CBM.....	85
9. Le modèle de base de données relationnelle (CRIS) .....	85

## Liste des Figures

Figure 1: continuum entre monde réel et monde virtuel .....	5
Figure 2: Exemple de marqueurs pour le suivi en réalité augmentée. ..	6
Figure 3: Principe de fonctionnement de la réalité augmentée .....	7
Figure 4: Principes illustrés du fonctionnement de la réalité augmentée .....	7
Figure 5: RA par projecteur.....	8
Figure 6: Chirurgie guidée par image.....	8
Figure 7:AR utilisé pour faciliter le travail mécanique.....	9
Figure 8: RA appliqué à la maintenance travail .....	9
Figure 9: Entraînement militaire. ....	10
Figure 10: La robotique utilise la RA pour les opérations médicales à distance. ....	10
Figure 11: Principe du NAT .....	15
Figure 12: Principe du NAT statique.....	16
Figure 13: Principe du NAT dynamique .....	17
Figure 14: NAT symétrique.....	18
Figure 15: Schéma illustrés les techniques de traversée du NAT.....	18
Figure 16: L'environnement de Cloud computing.....	23
Figure 17: Architecture MIMOSA- OSA/CBM.....	28
Figure 18: DynaWeb : c'est une plateforme basée sur les services Web .....	30
Figure 19: Architecture d'intégration de PROTEUS .....	32
Figure 20: Architecture retenue pour un système collaboratif.....	35
Figure 21: Architecture générale d'un système téléassistance d'aide à la maintenance .....	36
Figure 22: description de plateforme ALG .....	38
Figure 23: Architecture générale du système .....	42
Figure 24: Diagramme de cas d'utilisation global.....	43
Figure 25: Diagramme de cas d'utilisations " accès au système " .....	43
Figure 26: Diagramme de cas d'utilisation "Mise à jour des comptes" .....	44

Figure 27: Diagramme de cas d'utilisation " Demande la liste des experts en ligne "	47
Figure 28: Diagramme de cas d'utilisation "Demander l'aide d'expert".	48
Figure 29: Diagramme de séquence "S'authentifie"	50
Figure 30: Diagramme de séquence "Ajouter un compte"	51
Figure 31: Diagramme de séquence "Supprimer un compte"	52
Figure 32: Diagramme de séquence " Modifier un compte"	53
Figure 33: Diagramme de séquence "Demande la liste des experts en ligne"	54
Figure 34: Diagramme de séquence "demander l'aide d'un expert" ..	55
Figure 35: diagramme de séquence "créer canal"	56
Figure 36: diagramme de séquence "créer canal de vidéo"	57
Figure 37: diagramme de séquence "créer canal d'audio"	57
Figure 38: diagramme de séquence "créer canal de chat"	58
Figure 39: diagramme de séquence de "créer canal de RA"	59
Figure 40: Un ordinateurs	61
Figure 41: Une tablette	62
Figure 42: Un marqueur ARTOOLKIT	62
Figure 43: Serveur Application	65
Figure 44: Authentification de l'administrateur.	66
Figure 45: Gérer les utilisateurs	66
Figure 46: Interface de l'application du technicien	67
Figure 47: Interface d'authentification	67
Figure 48: liste des experts en ligne	68
Figure 49: choisir type d'appel	68
Figure 50: type d'appel reçu	69
Figure 51: Interface de l'application du l'expert	69
Figure 52: L'interface de l'authentification de l'expert	70
Figure 53: type d'appel reçu	70
Figure 54: Choisir type d'appel	71
Figure 55: Palette de création d'une procédure de maintenance augmentée	71

Figure 56:Message envoyer par technicien .....	72
Figure 57: Message reçu par l'expert.....	72
Figure 58:image envoyer par technicien .....	73
Figure 59: image reçu dans l'expert.....	73
Figure 60: Fonctionnement d'un système client/serveur .....	82
Figure 61: format de L'en-tête RTP.....	83



## **Liste des Tableaux**

Tableau 1: Comparaison entre les plateformes de maintenance .....	33
Tableau 2: comparaison entre les travaux.réalisés à CDTA .....	39
Tableau 3: Identification des cas d'utilisations "Mise à jour des comptes".....	45
Tableau 4: Identification des cas d'utilisations "Demande la liste des experts en ligne " .....	47
Tableau 5: Identification de cas d'utilisation "Demande l'aide de l'expert" .....	48

# Liste Des Abréviations

**CBM:** Condition Based Maintenance

**CRIS:** CommunRelational Information Schema

**DMZ :** Demilitarized zone

**EAI:**Enterprise Application Intégration

**HMD :** Head Mounted Display.

**HTTP:** Protocole de transfert hypertexte

**IaaS:** infrastructure as a service

**ICE:** Interactive Connectivity Establishment

**IP:** Internet Protocol

**ISDN:** Integrated Services Digital Network

**LAN :** Local Area Network en français Réseau Local

**NAT :** Network Address Translation

**NTIC:** Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

**PaaS:** Platform-as-a-Service

**PAT:** Port Adress Translation.

**PSTN:** Public Switched Téléphone Network.

**QoS :** Quality of service

**RA :** « AugmentedReality » (en français : réalité augmentée)

**RTCP:** Real Time Control Protocole

**RTMP:**Real Time Messaging Protocol

**RTP:** Real Time Protocole

**RTSP:** Real Ttime Streaming Protocole

**SaaS:** Software-as-a-Service

**SCTP:** Stream Control Transmission Protocol

**SIP:** Session Initiation Protocol

**SOAP:** Simple Object Access Protocol.

**STUN:** Simple Traversal of User Datagram Protocol through NAT

**TCP:** Transmission Control Protocol

**TURN:** Traversal Using Relay NAT

**UDP:** User Datagram Protocol

**VoIP:** Voice over IP

**WAN :** Wide Area Network ou Réseau étendu.

# Introduction générale

Le rôle de la fonction de maintenance tient une position stratégique dans le milieu industriel. En effet, au cours des vingt dernières années, le rôle de la maintenance dans les entreprises est devenu de plus en plus important aussi bien sur le plan technologique que sur le plan économique. La maintenance est une fonction importante dans l'entreprise qui s'inscrit dans une logique de développement durable en permettant d'augmenter la disponibilité des systèmes industriels et d'allonger leur cycle de vie. La maintenance peut être définie comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Dans ce contexte mondial fortement concurrentiel, la demande des industriels à augmenter l'efficacité des tâches du support technique et de maintenance passe alors par l'intégration de nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC).

Avec l'avènement de la réalité augmentée, plusieurs projets ont donc vu le jour dans l'espoir de créer des systèmes d'aides efficaces. Tous ont pour vocation d'accompagner un opérateur dans l'accomplissement de sa tâche en fournissant de l'information contextualisée (visuelle ou sonore) et en temps réel. L'utilisateur devrait pouvoir porter son attention sur la tâche à réaliser et non sur l'utilisation de l'outil lui-même, Aussi, le choix du dispositif d'affichage est important, car l'objectif peut être de pouvoir minimiser le recours aux supports classiques (papier) et laisser ainsi les mains de l'opérateur libres.

Comme dans le domaine industriel, le technicien doit être placé devant la machine en panne, quand il n'arrive pas à résoudre le problème (ou il a un doute sur une étape spécifique) il contacte un expert à distance. L'expert sollicité possède une qualification requise et un niveau d'expérience plus élevé.

Tout en offrant une application audio-visuelle et textuelle avec l'intégration de fonctionnalités de la réalité augmentée. Cela assure une communication temps réel entre les experts et les techniciens, finalement en minimisant le coût de maintenance et évitant les problèmes de doute et d'incertitude. De plus, en fournissant un outil d'aide pour le partage des expériences et pour augmenter l'efficacité et la productivité.

### Problématique

Lorsqu'un technicien travaillant seul a besoin d'aide, il n'est pas forcément évident de trouver à travers le monde la personne avec le niveau de compétence et de connaissance qui puisse l'assister. Grâce à l'explosion des débits de communication et de l'Internet, la téléassistance temps réel devient accessible. Cette collaboration entre un expert et un technicien engendre de multiples bénéfices comme la possibilité de la communication audiovisuelle en temps réel. Encore faut-il avoir un système permettant de supporter des interactions à distance.

Plusieurs questions se posent: Comment développer et réaliser une plateforme de communication distribuée? Comment un technicien peut trouver le bon expert? Comment faire la communication entre le technicien et l'expert? Comment exploiter la plateforme Cloud du CDTA?

Pour répondre à ces questions, on a besoin de faire une étude analytique et technique sur les protocoles utilisés dans la Voix IP et le streaming de vidéo sur l'internet, et évidemment, de choisir les meilleures solutions à utiliser. Les choix doivent prendre en compte l'utilisation de la réalité augmentée pour proposer de nouvelles modalités de communication, modalités expérimentées dans le cadre d'activités de maintenance industrielle.

Ce projet de fin d'études initié au Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA). L'objectif du projet est de réaliser une plateforme collaborative pour la e-maintenance industrielle en exploitant la plateforme Cloud du CDTA. Cette plateforme va fournir un module de communication entre des techniciens (devant les machines en panne) et des experts (géographiquement distants) en utilisant le vidéo et/ou audio et/ou chat et/ou réalité augmentée, ce qui permet la communication en temps réel pour la gestion des pannes.

### Structure du mémoire

Cette démarche est mise en place et détaillée dans les différents chapitres de ce que suit de ce mémoire, que nous organisons comme suit :

- Dans le chapitre I, nous commencerons par retracer l'évolution de la définition de la réalité augmentée et ses principes de fonctionnement. Ensuite, nous présenterons l'architecture des systèmes de réalité augmentée. De plus, nous mentionnerons quelques exemples d'applications qui utilisent la réalité augmentée, ainsi que ses avantages et ses inconvénients.

## INTRODUCTION GENERALE

---

- Dans le chapitre II nous avons effectué une présentation sur Le NAT et définir, les protocoles réseaux utilisés dans la Voix IP et le streaming sur l'internet tels que RTP et RSTP, RTCP pour établir des sessions multimédia entre les utilisateurs éloignés, et aussi nous avons démontré quelque concept sur le Cloud
- Dans le chapitre III, nous présenterons quelque plateforme d'e-maintenance existantes, mentionner leur avantages et inconvénients et la différence entre eux. Dans le cadre de ce travail, nous s'intéressons plus aux travaux classées sous la dénomination e-maintenance basé sur la réalité augmentée.
- Dans le chapitre IV, nous proposerons la conception de notre système, en commençant par l'architecteur utilisée, ensuite les différentes fonctionnalités de notre système. Nous allons utiliser le processus UP (Unified Process) dans l'élaboration de ce projet et le langage UML pour la modélisation.
- Dans le chapitre V, nous définirons les déférentes phases qu'on a pu faire pour fonctionner le système proposé, plus une partie d'expérimentation pour montrer son efficacité.
- Enfin, nous présenterons la conclusion générale et les perspectives possibles de nos travaux.

# Chapitre 1

## Réalité augmentée

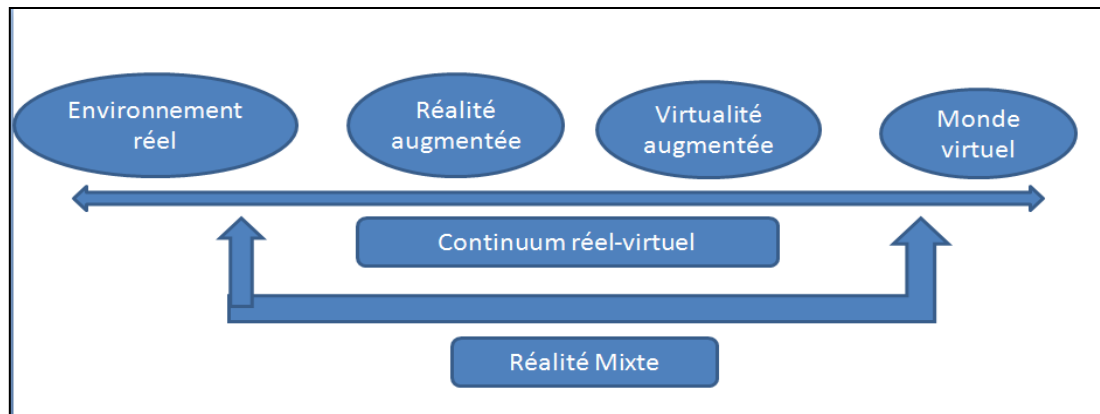
### 1.1. Introduction

La réalité augmentée ou « augmented reality », est une solution qui permet d'enrichir le monde réel à l'aide d'informations numériques [1]. Cette technologie a longtemps été réservée aux utilisations scientifiques, industrielles et militaires, en raison de son coût, de la complexité de son développement et de la lourdeur des infrastructures nécessaires à son fonctionnement. Avec le développement des technologies mobiles, et plus particulièrement les Smartphones et les tablettes numériques, qui réunissent tous les composants nécessaires à son fonctionnement. En effet, des applications en réalité augmentée sont déjà disponibles sur des milliers de terminaux mobiles et de plus en plus de développeurs se lancent dans la réalisation de produits et de services faisant appel à cette technologie.

Nous présenterons dans ce chapitre une étude bibliographique sur les systèmes de réalité augmentée ainsi leur principe de fonctionnement et leur architecture. Nous décrirons aussi les domaines d'application et présenterons les différents avantages et inconvénients.

### 1.2. Définition de la réalité augmentée

Le terme « Réalité augmentée » (RA) est introduit par Caudell&Mizell [1] en 1992. L'auteur prototype un casque de type Head-up display permettant de connaître la position de la tête dans le monde réel et d'afficher du contenu virtuel à travers un système Optical see-through en temps réel. En 1994, Milgram propose une taxonomie pour la réalité mixte [2]. Il émet l'hypothèse qu'aucune frontière franche n'existe entre le monde réel et le monde virtuel, mais plutôt qu'il est possible de passer d'un monde à l'autre à travers un continuum, appelé la réalité mixte (voir Figure 1).



**Figure 1: continuum entre monde réel et monde virtuel[2]**

Par la suite Azuma [3] propose une définition plus structurée de la réalité augmentée et qui ne dépend pas de la technique employée, ou tout système de réalité augmentée doit respecter ces trois règles :

- Combiner le réel et le virtuel.
- Être interactif en temps réel.
- Être synchronisé en 3D.

Contrairement à la réalité virtuelle, où l'utilisateur est entièrement immergé dans un monde calculé numériquement, la réalité augmentée a pour but d'ajouter quelques contenus virtuels au monde réel. L'utilisateur voit donc principalement le monde réel. L'objectif est d'apporter une information pertinente et contextualisée donnant un sens nouveau à l'utilisateur. Le sens donné dépendra évidemment de l'application souhaitée : marketing, médical, communication, maintenance, jeu, formation, loisir, sport, éducation [4] [5] [6].

Afin de faciliter la désignation des objets virtuels ajoutés, on propose cette définition : « Augmentation : objet virtuel ajouté au monde réel au moyen d'un système d'affichage de réalité augmentée. Cet objet est synchronisé en 3D et en temps réel. ».

### 1.2.1. Architecture des systèmes de réalité augmentée

Selon Fabrice Arsicot, le directeur du Pôle Digital, de la société Publicorp, la réalité augmentée se compose de plusieurs éléments [7] :

- **Appareil:** du type Smartphones, tablette ou ordinateur équipé au minimum d'une webcam ou capteur caméra.
- **Marqueur ou déclencheur:** un symbole, une image, voire même un logo si le niveau de contraste est suffisant.
- **Contenu généré par l'application:** modèle 2D, modèle 3D, vidéo, jeu, etc.



### 1.2.1.1. Marqueurs

Les marqueurs sont des repères visuels détectés par l'appareil afin d'effectuer une action. Ils peuvent prendre la forme d'une image ou d'un symbole, mais ils doivent avant tout proposer un contraste important afin d'optimiser la détection [8]. (voir Figure 2)



Figure 2: Exemple de marqueurs pour le suivi en réalité augmentée[8].

### 1.2.2. Principes de fonctionnement de la réalité augmentée [9]

Tout projet mis en place dans un milieu industriel doit évaluer les contraintes et les risques. La réalité augmentée n'échappe pas à ce modèle. Afin de mieux comprendre les contraintes liées à la réalité augmentée basée sur la vision, il est nécessaire d'en détailler le principe de fonctionnement. L'objectif principal pour un système de réalité augmentée est de connaître la pose (i.e. position et orientation) de la caméra filmant la scène par rapport à un objet connu dans la scène. Une fois cela déterminé, il est possible d'ajouter tout type d'augmentation mixant le réel et le virtuel. Le principe de fonctionnement peut être décomposé en quatre étapes (voir Figure 3).

- Filmer la scène par la caméra.
- Connaître la pose de la caméra (i.e. position, orientation), dans chaque image filmée, un objet (marqueur, image de référence, modèle 3D) est reconnu.
- Ajouter les augmentations (objets virtuels) en cohérence avec le monde réel.
- Obtenir le rendu sur l'appareil d'affichage (PC, Smartphones, tablette, lunettes intelligentes).

La Figure 4 illustre ce principe de fonctionnement. Tout d'abord, la caméra de la tablette ou des lunettes intelligentes filment la scène. Ensuite, l'algorithme utilisé reconnaît le marqueur placé sur le système à opérer, et enfin, l'écran de la tablette ou des lunettes intelligentes affiche le contenu en réalité augmentée.

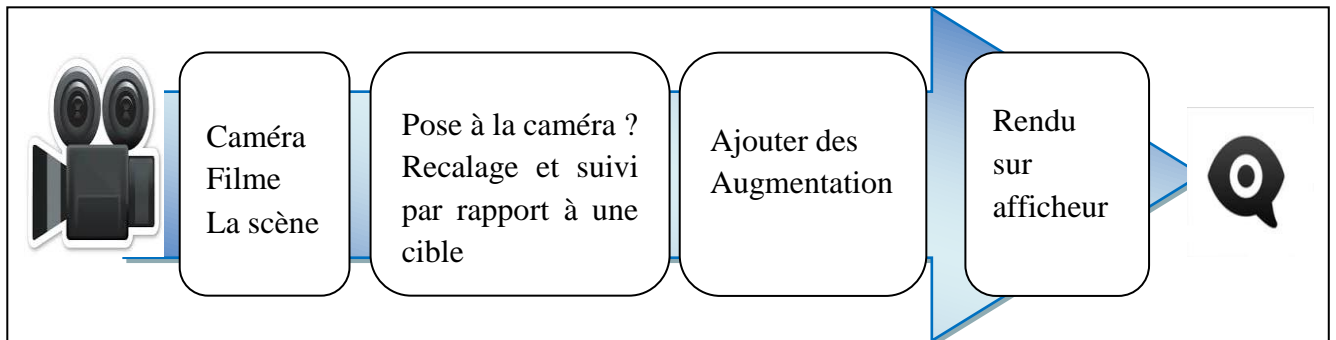


Figure 3: Principe de fonctionnement de la réalité augmentée[9]

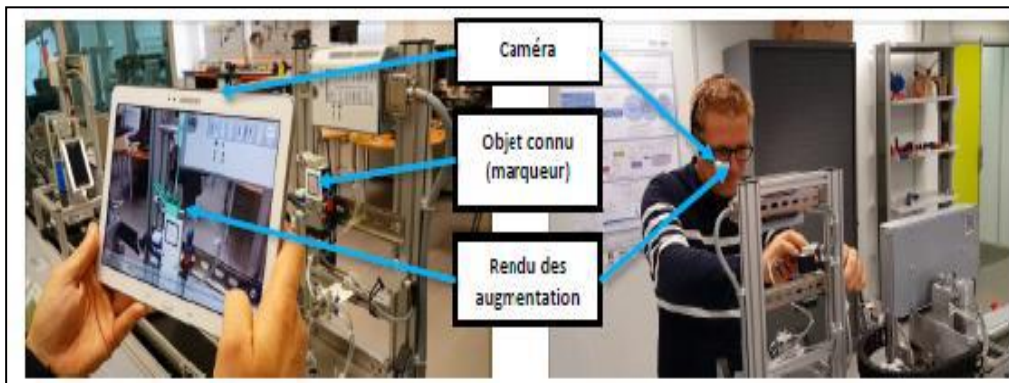


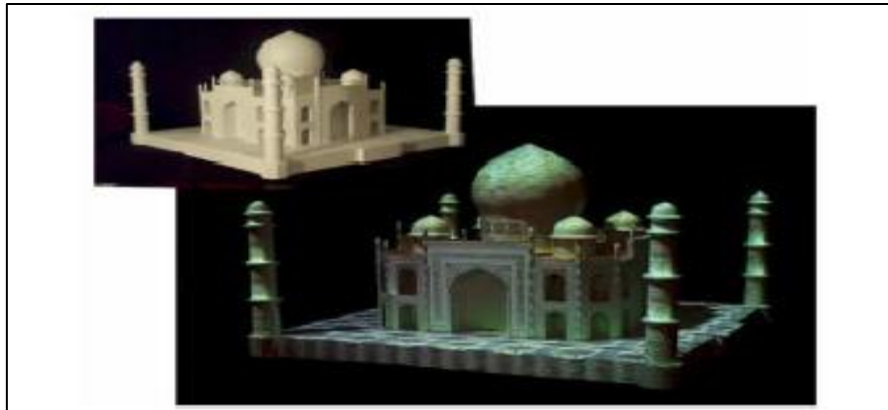
Figure 4: Principes illustrés du fonctionnement de la réalité augmentée[9]

La seconde étape « recalage et suivi », est réalisée avec deux types d'algorithmes relativement similaires [10] [11] :

- **Recalage** (ou registration en anglais) : dans cette étape, un objet cible est recherché dans la scène. Une fois détecté, la pose de la caméra est trouvée. Cette étape est la plus exigeante en calcul car elle nécessite de rechercher l'objet cible dans toute l'image récupérée par la caméra.
- **Suivi** (ou le tracking en anglais) : en supposant que les mouvements de la caméra sont petits, la pose de la caméra peut être estimée à chaque rafraîchissement en utilisant des algorithmes optimisés. Par exemple, avec du suivi de points d'intérêts, les points d'intérêts ne sont plus recherchés dans toute l'image, mais seulement dans une zone autour du point d'intérêt détecté dans l'image précédente.

### 1.2.3. Applications de la réalité augmentée

La technologie de réalité augmentée a de nombreuses applications possibles dans un large éventail de domaines, y compris le divertissement, l'éducation, la médecine, l'ingénierie et la fabrication. On s'attend à ce que d'autres domaines d'application potentiels apparaissent avec la diffusion de cette technologie.

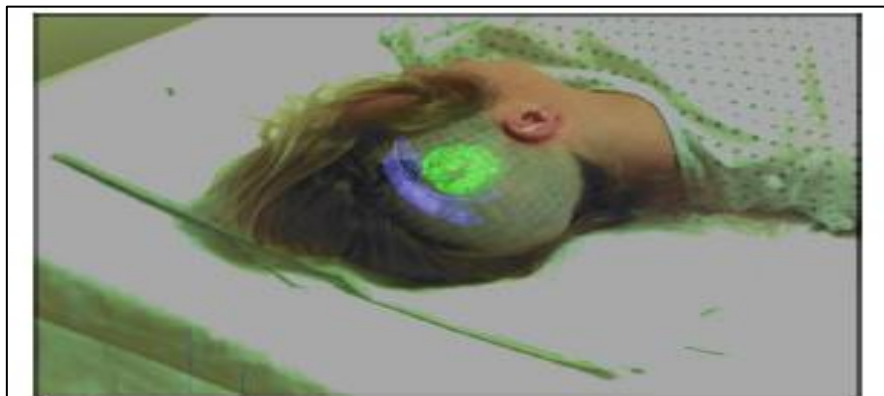


**Figure 5: RA par projecteur.**

### 1.2.3.1. Médical [12]

Grâce à la réalité augmentée, les médecins et chirurgiens pourront effectuer des opérations plus facilement, en se laissant guider par les éléments virtuels superposés au corps d'un patient. Par exemple, un marqueur virtuel pourra indiquer au chirurgien à quel endroit il doit inciser à l'aide de son scalpel (voir Figure 6).

Pour les étudiants en médecine, la réalité augmentée offre aussi de nouvelles possibilités. Par exemple, l'Université de Case Western a décidé de remplacer les dissections humaines par des dissections virtuelles grâce au casque Microsoft Hololens.



**Figure 6: Chirurgie guidée par image[12]**

### 1.2.3.2. Fabrication, entretien et réparation [13]

Lorsque le technicien d'entretien s'approche d'une pièce d'équipement nouvelle ou inconnue au lieu d'ouvrir plusieurs manuels de réparation, il peut installer un écran de réalité augmentée. Dans cet affichage, l'image de l'équipement serait complétée par des annotations et des informations pertinentes pour la réparation. Par exemple, l'emplacement des fixations et du matériel de fixation qui doivent être retirés serait mis en évidence (voir Figure 7).

Boing a fait un système expérimental, où les techniciens sont guidés par l'affichage augmenté qui montre l'acheminement des câbles sur un cadre générique utilisé pour tous les harnais (voir Figure 8). L'affichage augmenté permet d'utiliser un seul appareil pour faire le multiple.



**Figure 7:RA utilisé pour faciliter le travail mécanique[13].**



**Figure 8: RA appliqué à la maintenance travail[13].**

### 1.2.3.3. Formation militaire [14]

L'armée utilise des affichages dans les cockpits qui présentent des renseignements au pilote sur le pare-brise du poste de pilotage ou sur la visière du casque de vol (voir Figure 9). C'est une forme de réalité augmentée.

En équipant le personnel militaire de visières montées sur casque ou d'un télémètre à usage spécial, les activités des autres unités participant à l'exercice peuvent être imagées. En regardant l'horizon, pendant une section d'entraînement, par exemple, le soldat équipé d'un écran pouvait voir un hélicoptère virtuel s'élever au-dessus de la ligne d'arbres. Cet

hélicoptère pourrait être piloté en simulation par un autre participant. En temps de guerre, l’affichage de la scène réelle du champ de bataille pourrait être complété par des annotations ou des mises en évidence pour mettre l’accent sur les unités ennemies cachées.



**Figure 9: Entraînement militaire[14]**

### 1.2.3.4. Robotique et télé-robotique [15] [16]

Dans le domaine de la robotique et de la télé robotique, un écran augmenté peut aider l'utilisateur du système. Un opérateur de télé robotique utilise une image visuelle de l'espace de travail distant pour guider le robot. Une annotation de la vue serait utile telle qu'elle est lorsque la scène est devant l'opérateur. En outre, l'augmentation avec des dessins de filaire de structures dans la vue peut faciliter la visualisation de la géométrie 3D à distance.

Si l'opérateur tente un mouvement, il pourrait être pratiqué sur un robot virtuel qui est visualisé comme une augmentation de la scène réelle. L'opérateur peut décider de procéder au mouvement après avoir vu les résultats. Le mouvement du robot pourrait alors être exécuté directement dans une application de télé robotique qui éliminerait toutes les oscillations causées par de longs délais au site distant. Une autre utilisation de la robotique et de la réalité augmentée est l'exploitation médicale à distance (voir Figure 10).



**Figure 10: La robotique utilise la RA pour les opérations médicales à distance[15].**

### 1.2.4. Avantages de la réalité augmentée [17]

Nous présentons les principaux avantages de la réalité augmentée, et les raisons qui la rendent indispensable. Les avantages de cette technologie sont illustrés dans les trois domaines suivants :

#### 1. Réalité augmentée dans la vente

Dans le domaine de la vente, la technologie présente de nombreux avantages. Il est vu depuis quelques années qu'il faut démultiplier les touchpoints pour arriver à vendre son produit. Il est le temps d'offrir une nouvelle expérience au consommateur

Pendant les salons, plutôt que de montrer une vidéo commerciale, ou la voiture dernier Cri immobile depuis plusieurs jours, il est possible de présenter l'objet de la vente en réalité augmentée.

Si nous restons dans l'exemple de la voiture, plutôt que d'en parler et de s'appuyer sur une vidéo, le vendeur pourrait offrir une immersion réaliste à ses clients. Dotés d'un casque de réalité augmentée, les intéressés pourraient se visualiser dans la voiture qu'ils désirent, et en tester toutes les fonctionnalités.

C'est un des grands atouts de cette technologie qui permet de créer des expériences immersives de très haute qualité. Elle permet au consommateur de se voir avec l'objet de son désir, avant même de l'avoir acheté.

#### 2. Réalité augmentée dans la maintenance

Le secteur de la maintenance est un secteur clé du monde industriel. À l'occasion du Cisco Live Berlin, VINCI Energies [18] a mis en place des démonstrations très réalistes de cette technologie adaptée à des opérations de maintenance.

Munis de lunettes de réalité augmentée (comme Google glass), les visiteurs pouvaient visualiser des actions à mener sur des équipements en amont d'éventuelles défaillances. L'avantage le plus important dans l'utilisation des casques de réalité augmentée, c'est qu'elle permet un travail de précision en permettant au technicien de travailler avec ses deux mains. Ce qui n'est pas possible avec un support comme une tablette ou un Smartphone.

Les résultats obtenus par les tests de Vinci Energie ont permis de relever :

- Une diminution des erreurs.
- Une amélioration des performances.
- Une optimisation plus élevée de la durée de vie des équipements.

- Une réduction du stock de pièces de rechanges, et donc, des économies financières.
- Une plus grande assurance et une plus grande sécurité pour les opérateurs.
- Une diminution du temps d'interruption.

### 3. Réalité augmentée dans la formation

Dans ce point nous allons intéresser à la formation industrielle. La réalité augmentée se place comme le nouveau vecteur, apportant immersion, réalisabilité, baisse des coûts, et personnalisation des formations.

La nécessité d'avoir une formation efficace, claire et structurée, a abouti à la conclusion suivante : c'est la réalité augmentée qui se présente comme étant le nouveau vecteur de formation industrielle.

Prenons seulement trois faits [19] [20] :

- La vision nous apporte plus de 80% des informations.
- Un support en 2D dans un monde réel en 3D surcharge notre cerveau en augmentant la charge cognitive.
- 50% son retenu de ce qu'il est vu et entendu, 70% de ce qu'il dit, et 90% de ce qu'il est dit et ce qu'il est fait.

#### 1.2.5. Inconvénients du la réalité augmentée

Les défis suivants liés à la réalité augmentée nuisent à l'adoption générale de cette technologie [21]:

- 1. Problèmes de matériel :** actuellement, chaque casque d'écoute de la réalité augmentée disponible est un morceau encombrant de matériel qui peut être trop cher pour les publics. De plus, la majorité des casques réalité augmentée doivent être attachés à un ordinateur, ce qui rend l'expérience limitée et inconfortable. Alternativement, les consommateurs peuvent utiliser leurs Smartphones ou tablettes pour des applications réalité augmentée. Cependant, la réalité augmentée mobile fait face à des problèmes majeurs en affichant les visuels avec précision. Par exemple, les capteurs mobiles tels que l'accéléromètre peuvent être perturbés par des interférences électriques.
- 2. Contenu limité:** l'un des principaux défis de la réalité augmentée est la création de contenu engageant. Le contenu créé pour les appareils de réalité augmentée se compose de jeux et de filtres utilisés dans les réseaux sociaux tels que Instagram et Snapchat.

Toutefois, la création de contenu qui peut promouvoir les entreprises peut être extrêmement compliquée et coûteuse.

**3. Absence de réglementation:** à l'heure actuelle, il n'existe aucun règlement qui aide les entreprises et les consommateurs à comprendre quel type de demande de réalité augmentée peut être utilisé et comment les données peuvent être traitées. Par conséquent, la technologie peut être utilisée avec une intention malveillante. Par exemple, un cybercriminel peut détourner des comptes personnels en extrayant des données et en manipulant du contenu réalité augmentée.

**4. Risques pour la sécurité physique:** les applications de réalité augmentée peuvent être extrêmement distrayantes et entraîner des blessures physiques. Par exemple, de nombreuses personnes ont été blessées en jouant à Pokémon GO. De même, les applications de réalité augmentée peuvent entraîner des blessures graves si elles sont utilisées dans des environnements potentiellement risqués tels que les routes achalandées, les chantiers de construction et les établissements médicaux.

## Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la réalité augmentée qui offre des possibilités quasiment sans limites de fournir de l'information aux usagers au moment immédiat où le besoin se fait ressentir. Les technologies de la réalité augmentée ont connu un long développement et leur démocratisation n'a eu lieu que récemment, favorisée par l'utilisation de plus en plus répandue des terminaux mobiles

Dans le chapitre suivant nous présenterons les différents protocoles de streaming dans les réseaux IP et nous parlerons de cloud computing



## Chapitre 2

# Streaming dans les réseaux IP

### 2.1. Introduction

Aujourd'hui, la technologie de la téléphonie sur IP a produit plusieurs services basés sur les différents scénarios de communication (téléphonie PC à PC, téléphonie entre un PC et un poste téléphonique et téléphonie entre postes téléphoniques ou fax). En conséquence, cette technologie est devenue un outil de communication multimédia basé sur le réseau internet, intégrant des outils d'interfaces avec les réseaux téléphoniques traditionnels.

Dans ce chapitre, nous allons effectuer une présentation du NAT et leur principe et fonctionnement selon leurs différents types existants et faire face au problème de la traversée du NAT. En plus, nous allons illustrer l'étude des solutions élaborées, plusieurs approches ont été proposées telles que STUN, TURN et aussi on va présenter les différents standards et protocoles de communications qui ont été élaborés pour rendre les communications possibles. Parmi ces protocoles notons les protocoles de transmission et de contrôle en temps réel RTP et RTCP et le protocole RTSP qui est un protocole utilisé dans le transport de flux de données et le protocole de signalisation SIP. Ce protocole est utilisé dans des applications de voix et vidéo conférence. On passera en revue aussi le cloud computing et ces différents types

### 2.2. Network Adresse Translation (NAT)

La translation d'adresse réseau est une technique par laquelle les adresses IP sont transposées d'un domaine d'adresse à un autre, fournissant un acheminement transparent aux hôtes d'extrémité [22].

La technique NAT permet d'associer des adresses IP internes qui sont non routables à un ensemble d'adresses publiques (externes) qui sont routables. Ce mécanisme représente un vrai problème pour le protocole paire-à-paire tel que la VoIP en général, ce problème est appelé la traversée du NAT.

### 2.2.1. Principe du NAT [22]

Le principe du NAT consiste donc à utiliser une passerelle (routeur) de connexion à internet, possédant au moins une interface réseau connectée sur le réseau interne et au moins une interface réseau connectée à Internet (possédant une adresse IP routable), pour connecter l'ensemble des machines du réseau (voir Figure 11).

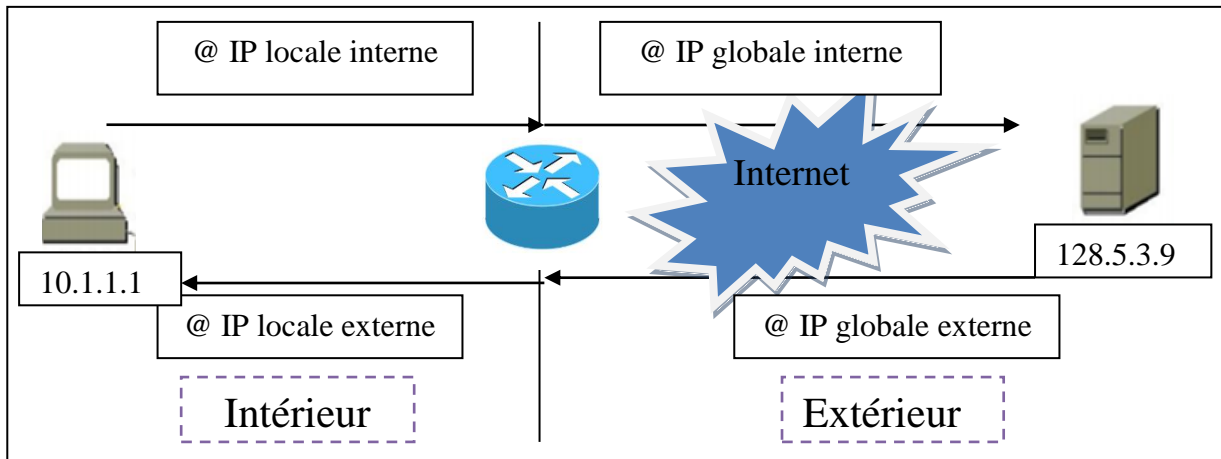


Figure 11: Principe du NAT[22].

### 2.2.2. Intérêt du NAT [22]

L'intérêt de NAT réside dans les points suivants:

- Possibilité d'accès à l'extérieur depuis et vers les machines qui se trouvent derrière le NAT.
- Le NAT est conçu pour économiser les adresses publiques.
- De la vue de l'extérieur grand nombre d'adresse privées peuvent être masquée par un ensemble réduit d'adresses publiques.
- Du côté sécurité, le NAT rend invisible la configuration de l'Intranet.

### 2.2.3. Types du NAT [22]

Il existe trois types de NAT : statique, dynamique et symétrique.

#### 2.2.3.1. NAT statique

Le NAT statique, se base sur l'association de  $n$  adresses avec  $n$  adresses. C'est à dire qu'à une adresse IP interne, une seule adresse IP externe est on associe.

Dans ce cas, la seule action qui sera effectuée par le routeur sera de remplacer l'adresse source (cas d'envoi) ou destination (le cas réception) par l'adresse correspondante [22] (voir Figure 12).

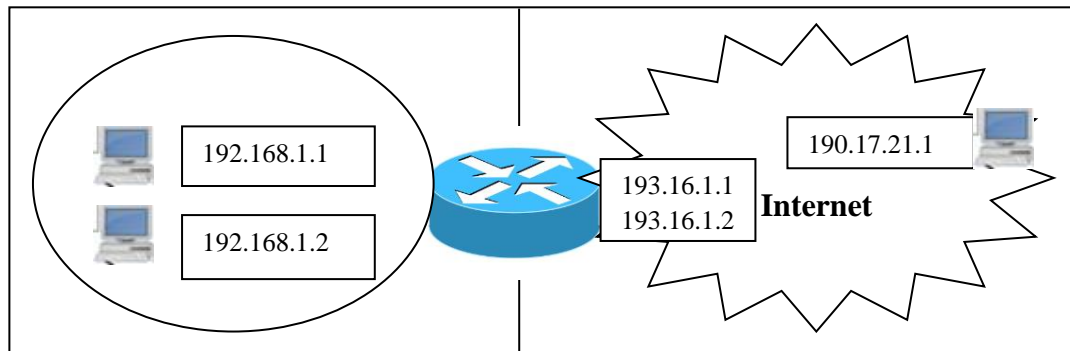


Figure 12: Principe du NAT statique[22]

**a. Avantages du NAT statique:** Les avantages que l'on trouve dans NAT statique sont les suivants [22]:

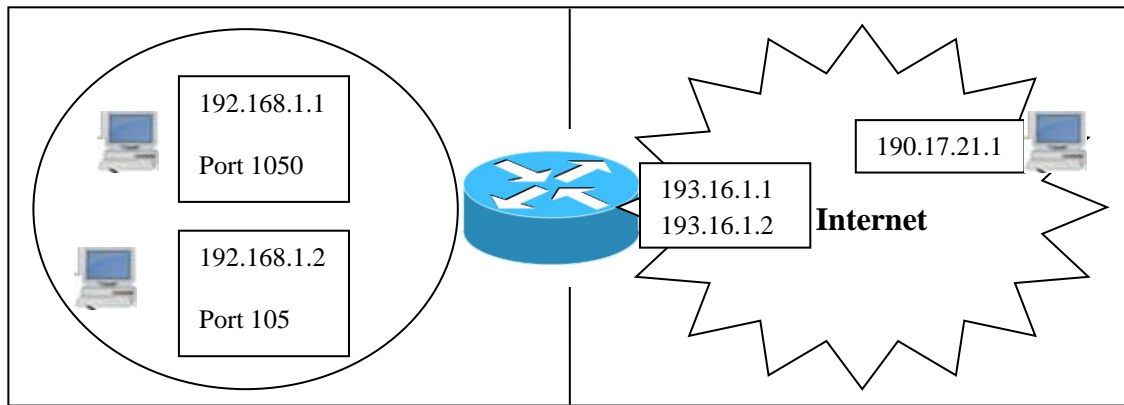
- Le NAT statique est un mécanisme simple permettant facilement de rendre une machine accessible de l'Internet en associant à elle une adresse IP publique à une adresse IP privée.
- Le NAT statique permet facilement de faire des modifications, changements, interventions sur le réseau local, sans perte d'adresses, en changeant la correspondance entre les adresses privées et les adresses publiques pour rediriger les requêtes vers un serveur en état de marche.

**b. Inconvénient du NAT statique:** Parmi les principaux inconvénients de NAT statique se trouvent le problème de la pénurie d'adresses IP n'est pas réglé par le NAT statique vu qu'on est obligé d'avoir une adresse publique par machine voulant accéder à Internet [22].

### 2.2.3.2. NAT dynamique

Le NAT dynamique (appelée aussi IP masquerading) permet d'attribuer dynamiquement lors des connexions des adresses IP publiques aux adresses privées [22]. Plus précisément, c'est l'association de  $m$  adresses privées à  $n$  adresses publiques (avec  $m > n$ ,  $n \geq 1$ ); de ce fait, il est possible d'associer une seule adresse publique à plusieurs adresses privées.

Dans le NAT dynamique, contrairement au NAT statique, le routeur qui effectue le NAT devra à la fois modifier les adresses IP mais aussi les ports TCP/UDP (on appelle la modification des ports PAT (Port Adresse Translation). ( voir Figure 13).



**Figure 13: Principe du NAT dynamique[22]**

**a. Avantages du NAT dynamique:** NAT dynamique offre plusieurs avantages parmi eux [22]:

- Permet l'accès à Internet à des machines d'un réseau local ayant des adresses privées (non routables).
- Permet de répondre au problème de la pénurie d'adresses IP vu qu'on peut "cacher" un grand nombre de machines derrière une seule adresse publique.
- Permet d'augmenter un peu le niveau de sécurité : les machines n'étant pas accessibles de l'extérieur, puisque la passerelle camouflé complètement l'adressage interne de réseau, et pour un observateur externe au réseau, toutes les requêtes semblent provenir de l'adresse IP de routeur.

**b. Inconvénients du NAT dynamique:** Parmi les inconvénients liés à NAT dynamique on a [22]:

- Ne peut pas marcher si la connexion est initialisée de l'extérieur.
- Ne permet pas à un serveur d'être accessible de l'extérieur.

### 2.2.3.3. NAT Symétrique [22]

La différence entre la NAT symétrique et les types précédents (NAT statique et NAT dynamique) c'est que pour des hôtes externes différentes on utilise la même adresse traduite mais avec des ports différents. De plus, seulement l'hôte externe qui reçoit un paquet peut renvoyer un paquet à l'hôte interne en utilisant seulement le pair (adresse/port) à travers lequel a reçu ce paquet (voir Figure 14).

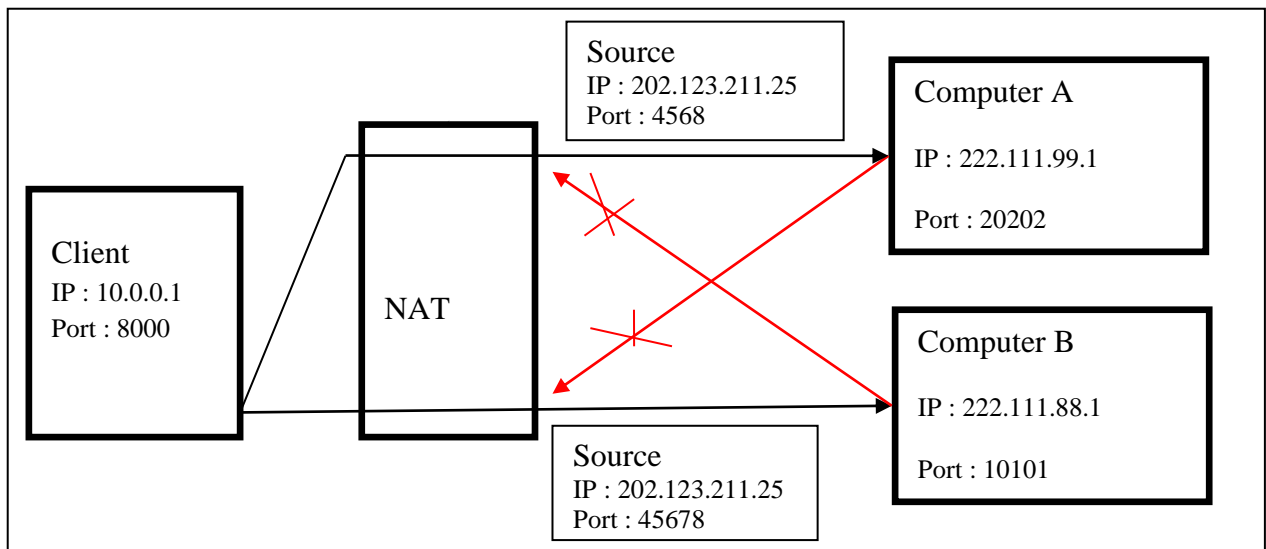


Figure 14: NAT symétrique[22]

### 2.2.4. Solutions de la traversée du NAT

Face au problème de la traversée du NAT posé par les NATs et les pare feux, quatre solutions ont été proposées. Celles-ci peuvent être regroupées en trois catégories suivant leur fonctionnement : les solutions basées sur le comportement du NAT (STUN et TURN), les solutions basées sur le contrôle du NAT, et les solutions combinant plusieurs techniques(ICE). ( voir Figure 15)

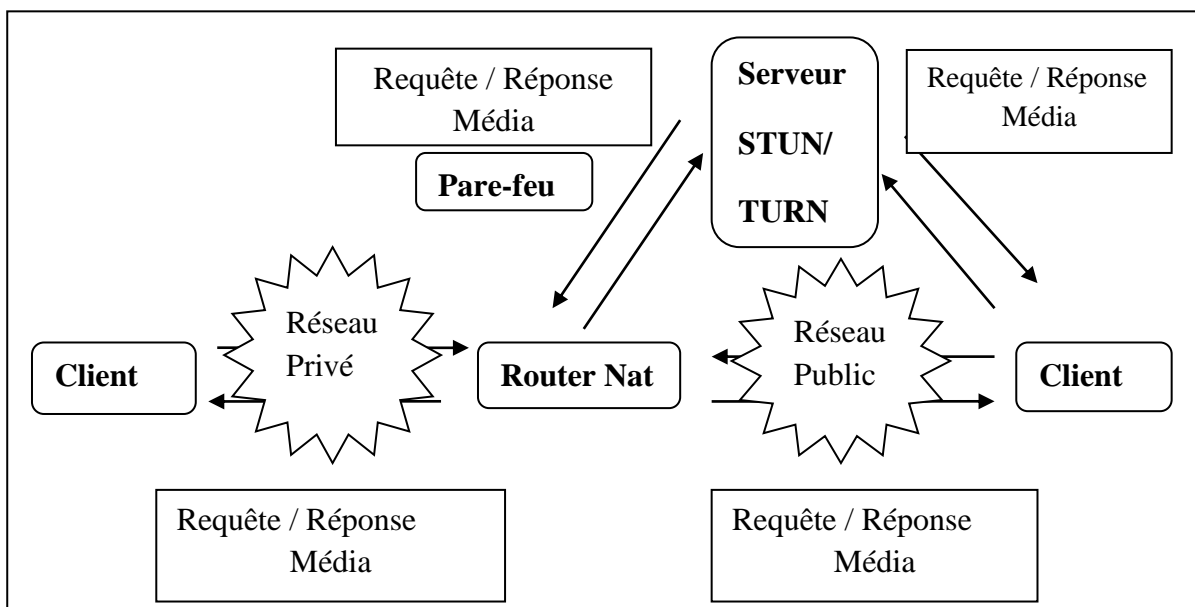


Figure 15: Schéma illustrés les techniques de traversée du NAT[22].

### 2.2.4.1. STUN

STUN (Simple Traversal of User Datagram Protocol through NAT) est un protocole permettant la traversée des routeurs NAT, en établissant des connexions UDP d'un poste sur un réseau privé vers un réseau public [23]. L'intérêt de STUN est de découvrir et caractériser le NAT et les différents dispositifs de sécurité situés en aval du poste. Le poste client situé en réseau privé derrière le NAT va tout d'abord se connecter au serveur STUN situé généralement en réseau public, en lui envoyant des requêtes. Le serveur STUN répond par un message indiquant l'adresse publique et le port de routeur NAT associé au réseau privé du poste client [24].

Ce protocole permet de remédier facilement à plusieurs problèmes liés à la traversée des NAT. Les seules restrictions liées à ce protocole sont la traversée des pare feux, des routeurs NAT symétriques et des chaînes de routeurs NAT. Premièrement, il est impossible de prédire le comportement des routeurs NAT symétriques car un routeur NAT symétrique établit un chemin en fonction de l'adresse IP de l'émetteur et de son port d'accès mais aussi en fonction de ses mêmes informations chez le destinataire. Le chemin ainsi créé échappe au serveur STUN puisqu'il peut changer en fonction du destinataire appelé.

Deuxièmement, la traversée des pare feux est impossible car les paquets sont systématiquement filtrés. Les messages de découverte lancés par STUN peuvent être interprétés comme une tentative d'attaque.

**a. Avantages du STUN:** STUN procure un certain nombre d'avantages qui sont [22]:

- Protocole standardisé.
- Pas de modification de l'architecture de réseau.
- Déploiement deux serveurs STUN au minimum pour effectuer les requêtes.

**b. Inconvénients du STUN:** Parmi les inconvénients de STUN on trouve [22]:

- Solution nécessitant l'adaptation des applications au protocole STUN.
- Ne permet pas la traversée des pare feux. De plus, les requêtes et les réponses peuvent être interprétées comme des attaques par les pare feux.
- Ne permet pas la traversée des chaînes des routeurs NAT.

### 2.2.4.2. TURN

TURN (Traversal Using Relay Nat), est une solution proposée par l'IETF pour résoudre les problèmes de traversée des routeurs NAT symétriques et des pare feux. Pour

pallier au problème des NATs symétriques, il faut utiliser un relais possédant une adresse IP publique situé soit sur une DMZ ou bien sur Internet [25].

Cette solution permet donc à des clients qui sont dans des réseaux privés utilisant des routeurs NAT d'effectuer des connexions entre eux en passant par le serveur de relais inséré dans le flux des données multimédias et des flux de signalisation [26].

**a. Avantages du TURN :** TURN offre plusieurs avantages parmi eux [22]:

- Technique simple à comprendre et à déployer.
- Aucune modification sur le réseau.
- L'intégrité de réseau est conservée.

**b. Inconvénients du TURN :** Les principaux inconvénients de TURN se résument comme tels [22]:

- Nécessite le déploiement et la maintenance d'un serveur.
- Nécessite la configuration des postes clients pour qu'ils puissent intégrer TURN.
- Impossible de gérer la QoS et d'augmenter la sécurité sur le point d'entrée car ces informations ne sont pas révélées au serveur TURN par le protocole TURN et qui ne va sûrement pas être adoptée par les fournisseurs d'accès.

### 2.3. Protocoles de transfert de flux multimédia

Il existe plusieurs protocoles garantissent la transmission de flux multimédia entre les utilisateurs distants qui utilisent des applications paires à pair.

#### 2.3.1. Protocole RTP:

Le but de RTP est de fournir un moyen uniforme de transmettre sur IP des données soumises à des contraintes de temps réel (audio, vidéo, etc.). Le rôle principal de RTP consiste à mettre en œuvre des numéros de séquence de paquets IP pour reconstituer les informations de voix ou vidéo même si le réseau sous-jacent change l'ordre des paquets [27].

##### 2.3.1.2. Fonctions

Le protocole RTP permet [27] :

- D'identifier le type de l'information transportée,
- D'ajouter des marqueurs temporels et des numéros de séquence l'information transportée
- De contrôler l'arrivée des paquets à la destination.

### 2.3.1.3. Avantages et inconvénients du protocole RTP

Le protocole RTP permet de reconstituer la base de temps des différents flux multimédia (audio, vidéo, etc.) ; de détecter les pertes de paquets; et d'identifier le contenu des paquets pour leur transmission sécurisée [28].

Par contre, il ne permet pas de réserver des ressources dans le réseau ou d'apporter une fiabilité dans le réseau. Ainsi il ne garantit pas le délai de livraison [28].

### 2.3.2. Protocole RTCP [29]

Le protocole RTCP est basé sur des transmissions périodiques de paquets de contrôle par tous les participants dans la session. C'est un protocole de contrôle des flux RTP, permettant de véhiculer des informations basiques sur les participants d'une session, et sur la qualité de service.

#### 2.3.2.1. Fonctions [29]

Les quatre fonctions réalisées par RTCP sont:

- Fournir un retour d'information sur la qualité de la transmission de données.
- Transporter un identificateur de niveau transport permanent pour une source RTP.
- Observer le nombre de participants.
- Transmettre des informations de contrôle sur la session (optionnel) exemple: identifier un participant sur les écrans des participants.

### 2.3.3. Protocole SIP [30]

SIP (Session Initiation Protocol) est un protocole de signalisation souvent utilisé pour établir et terminer des sessions de communication multimédia, telles que des appels voix et vidéo sur IP. La vidéo conférence, la diffusion multimédia en continu, la messagerie instantanée, l'indication de présence et les jeux en ligne figurent parmi les autres exemples d'application potentielle. SIP est un protocole de type « requête-réponse », très similaire à deux autres protocoles Internet, HTTP et SMTP, qui correspondent respectivement aux protocoles sous-jacents du Web et du courrier électronique

#### 2.3.3.1. Fonctions [30]

Le protocole SIP offre quatre fonctions de base :

- Traduction d'un nom d'utilisateur en adresse réseau (ou emplacement).
- Mécanisme de gestion des appels : ajout, transfert et suppression des participants.



- Négociation de fonctionnalités, de sorte que tous les participants puissent s'accorder sur les fonctionnalités à prendre en charge.
- Possibilité de modifier les fonctionnalités prises en charge en cours d'appel.

**2.3.3.2. Avantages de protocole SIP:** le protocole SIP possède plusieurs avantages, parmi ces avantages sont [31] :

- L'implémentation de la VoIP avec le protocole de signalisation SIP fournit un service efficace, rapide et simple à utiliser.
- SIP est un protocole rapide et léger.
- SIP est un protocole indépendant de la couche transport.
- Il peut aussi bien s'utiliser avec TCP que le protocole UDP.

**2.3.3.3. Inconvénients de protocole SIP:** le protocole SIP possède plusieurs inconvénients, parmi ces inconvénients sont [31]:

- SIP est un protocole d'échange de messages basé sur HTTP. C'est pourquoi, il est très vulnérable face à des attaques de types DoS (Dénis Of Service)
- Le SIP est une norme pour la communication multimédia, il devient de plus en plus utilisé pour la mise en place de la téléphonie sur IP, la compréhension de ce protocole aidera le professionnel à l'épreuve de la sécurité sur le réseau.

### **2.3.4. Protocole Real Time Streaming Protocol (RTSP) [32].**

Le protocole RTSP est un protocole au niveau de l'application pour le transfert de données multimédia en temps réel. Utilisé pour établir et contrôler des sessions multimédias entre les points finaux, RTSP est un protocole de canal de contrôle entre les clients et les serveurs.

#### **2.3.4.1. Fonctions du protocole RTSP**

RTSP offre plusieurs fonctions, parmi eux [33]:

- Des fonctions de type magnétoscope à distance (lecture, pause, avance rapide, rembobinage rapide, arrêt etc.).
- Il peut demander des informations sur les données dans un format spécifique, lancer, arrêter et mettre en pause la transmission des données, et obtenir l'accès direct à différents paquets de données.

- RTSP peut être utilisé aussi bien dans des applications unicast que multicast pour lequel il est très efficace.
- En utilisant ce protocole il est possible de contrôler et synchroniser plusieurs flux audio ou vidéo.

### 2.4. Définition de Cloud computing

Le Cloud computing est un néologisme utilisé pour décrire l'association d'Internet (Cloud, le nuage) et l'utilisation de l'informatique (computing). C'est une manière dans laquelle les ressources sont fournies sous la forme des services au travers d'Internet. Les utilisateurs n'ont ainsi besoin d'aucune connaissance ni expérience en rapport avec la technologie derrière les services proposés.

Wang et al. [34] Définissent le Cloud comme un ensemble des services mis en réseau, offrant sur demande des plates-formes informatiques extensibles et peu chères, garantissant une certaine qualité des services, généralement personnalisée. Ces plates formes doivent être accessibles de façon simple et continue (voir Figure 16).

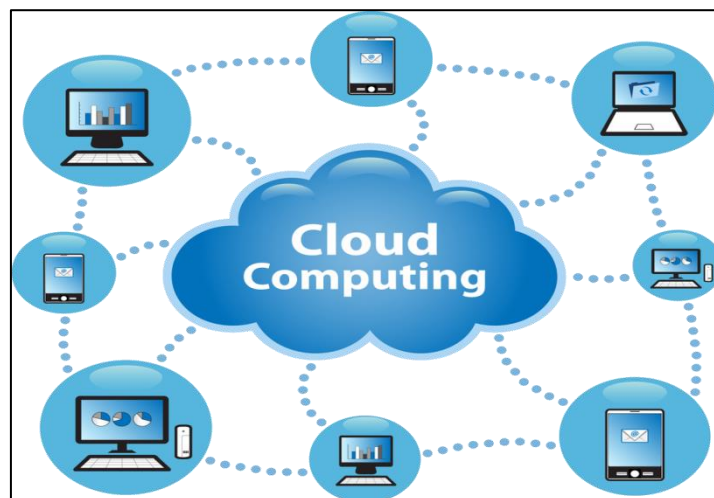


Figure 16: L'environnement de Cloud computing

#### 2.4.1. Types de services Cloud : [35]

La plupart des services de Cloud computing peuvent être classés en quatre grandes catégories: IaaS (Infrastructure As A Service), PaaS (Platform As A Service), serverless (Sans services) et SaaS (Software As A Service). Ces catégories sont appelées parfois « pile » de cloud computing, car elles s'empilent les unes sur les autres. Si on sait en quoi elles consistent et en quoi elles sont différentes, on pourra plus facilement atteindre vos objectifs.

### 2.4.1.1. IaaS

La catégorie la plus basique des services de Cloud computing. Avec l'IaaS, on loue une infrastructure informatique (serveurs, machines virtuelles, stockage, réseaux, systèmes d'exploitation) auprès d'un fournisseur de services Cloud, avec un paiement à l'utilisation.

### 2.4.1.2. PaaS

L'expression plateforme en tant que service PaaS qualifie les services de Cloud computing qui offrent un environnement à la demande pour développer, tester, fournir et gérer des applications logicielles. PaaS est conçu pour permettre aux développeurs de créer rapidement des applications web ou mobiles sans avoir à se préoccuper de la configuration ou de la gestion de l'infrastructure des serveurs, du stockage, des réseaux et des bases de données nécessaire au développement des applications.

### 2.4.1.3. Serverless

Se chevauchant avec PaaS, l'informatique Serverless se concentre sur la création de fonctionnalités applicatives sans perte de temps en lien avec la gestion permanente des serveurs et de l'infrastructure requise à cette fin.

Le fournisseur de Cloud se charge de la configuration, de la planification de la capacité et de l'administration du serveur. Les architectures serverless sont hautement évolutifs et basées sur des événements. Elles n'utilisent des ressources que quand une fonction ou un déclencheur spécifique s'activent.

### 2.4.1.4. SaaS

Le logiciel en tant que service (SaaS, Software-as-a-Service) est une méthode de diffusion d'applications logicielles via Internet, à la demande et en général sur abonnement. Avec le SaaS, les fournisseurs de services Cloud hébergent et gèrent les applications logicielles et l'infrastructure sous-jacente, et gèrent la maintenance, par exemple la mise à niveau des logiciels et l'application des correctifs de sécurité. Les utilisateurs se connectent à l'application via Internet, en général par l'intermédiaire d'un navigateur web sur leur téléphone, leur tablette ou leur PC.

## 2.4.2. Types de Cloud Computing[35]

Le concept de Cloud Computing est encore en évolution. On peut toutefois, dénombrer trois types de Cloud Computing :

### 2.4.2.1. Cloud public

Un Cloud public est détenu et exploité par un fournisseur de services Cloud tiers, qui propose des ressources de calcul, telles que des serveurs et du stockage, via Internet. Microsoft Azure [35] est un exemple de Cloud public. Dans un Cloud public, tout le matériel, tous les logiciels et toute l'infrastructure sont la propriété du fournisseur du Cloud. Vous accédez à ces services et vous gérez votre compte par l'intermédiaire d'un navigateur web.

### 2.4.2.2. Cloud privé

Le Cloud privé est l'ensemble des ressources de Cloud computing utilisées de façon exclusive par une entreprise ou une organisation. Le Cloud privé peut se trouver physiquement dans le centre de données local de l'entreprise. Certaines entreprises paient également des fournisseurs de services pour qu'ils hébergent leur Cloud privé. Le Cloud privé est un Cloud dans lequel les services et l'infrastructure se trouvent sur un réseau privé.

### 2.4.2.3. Cloud hybride

Le Cloud hybride regroupe des Cloud publics et privés, liés par une technologie leur permettant de partager des données et des applications. En permettant que les données et applications se déplacent entre des Cloud privé et public, un Cloud hybride offre à entreprise une plus grande flexibilité, davantage d'options de déploiement et une optimisation de l'infrastructure, sécurité et de conformité existantes.

**2.4.3. Avantages du Cloud Computing :** Il existe plusieurs avantages de l'utilisation du Cloud computing, parmi eux [36] :

- Flexibilité pour choisir des fournisseurs qui offrent des services fiables et à grande échelle aux entreprises.
- Flexibilité de la répartition des coûts pour les clients.
- Un démarrage rapide le Cloud computing permet de tester le plan économique rapidement, à coûts réduits et avec facilité.
- La vitalisation, c'est à dire pas besoin d'investir pour concevoir une plateforme de Cloud Computing.
- Réduction du coût dû l'efficacité opérationnelle et d'un déploiement plus rapide de nouveaux services aux entreprises.

**2.4.4. Inconvénients du Cloud Computing:** Parmi les inconvénients du Cloud computing [36] :

- La bande passante peut faire exploser le budget.

- Les performances des applications peuvent être amoindries un Cloud public n'améliorera définitivement pas les performances des applications.
- La fiabilité du Cloud un grand risque lorsqu'on met une application qui contient des informations clients.

### Conclusions

Dans ce chapitre nous avons effectué une présentation des concept réseaux : Le NAT qui permet le partage des adresse IP publics, de protocoles streaming dans les réseaux IP tels que RTP et RSTP pour établir des sessions multimédia entre les utilisateurs éloignés, et aussi nous avons démontré quelque concept sur le Cloud et ces différents types.et finalement nous avons cité les avantages et les inconvénients du Cloud.

Dans le chapitre suivant nous présenterons l'état de l'art sur les plateformes de e-maintenance existantes, ainsi que de travaux réalisés sur l'e-maintenance basé sur la réalité augmentée.

# Chapitre 3

## Etat de l'art

### 3.1. Introduction

Une plateforme d'e-maintenance est une plateforme de coopération offrant un ensemble de composants logiciels/matériels et de services logiciels intelligents d'aide à la maintenance (applications intégrées et / ou à distances). Elle permettra aux acteurs de maintenance de communiquer et de travailler ensemble pour réaliser le processus complet de maintenance.

Dans l'objectif de mettre en place une plateforme d'e-maintenance et e-maintenance basée sur la réalité augmentée, nous sommes intéressées aux plateformes existantes classées sous la dénomination e-maintenance et les travaux réalisés classés sous e-maintenance basé sur la réalité augmentée.

Dans ce chapitre, nous présenterons l'état de l'art sur les plateformes d'e-maintenance existantes qu'elles soient théoriques ou issues du monde industriel. Plusieurs plateformes d'e-maintenance ont été développées ces dernières années, et elles sont opérationnelles aujourd'hui (par exemple: MIMOSA [37] et Dynamite [39] et PROTEUS [40]). Ces différentes plateformes ont été développées pour la e-maintenance afin de répondre à plusieurs questions de système d'e-maintenance. De plus, nous examinerons d'autres plateformes d'e-maintenance basé sur la réalité augmentée définies dans le cadre des projets CDTA.

Nous présenterons dans ce chapitre six types de plateformes. Il y a des plateformes de projets instanciés entre des industriels et des universitaires et des autres académiques lancées par des universitaires et des groupes de chercheurs.

### 3.2. Principales plateformes de maintenance

Nous avons effectué une recherche bibliographique et nous avons trouvé trois plateformes qui existent déjà dans le marché: MIMOSA [37], DYNAMITE [39], PROTEUS [40].

### 3.2.1. Machinery Information Management Open Systems Alliance (MIMOSA)

La première initiative était prise par le projet MIMOSA pour développer un système complexe d'information unique pour la gestion de la maintenance [37]. Le projet a eu pour objectif de développer un réseau de collaboration de maintenance en proposant la norme ouverte du protocole EAI (Enterprise Application Intégration). L'organisation préconise et développe des caractéristiques d'intégration de l'information pour permettre la gestion et le contrôle de la valeur ajoutée par les solutions ouvertes, intégrées et orientées vers l'industrie. Les solutions développées à partir des informations afin de créer une plateforme d'e-maintenance ont été proposées dans ce projet [38].

Une architecture fonctionnelle OSA/CBM (Open System Architecture for Condition-Based Maintenance) dédiée au développement de stratégies de maintenance conditionnelle ou prévisionnelle. Cette architecture a été développée à partir du schéma relationnel MIMOSA CRIS. L'objectif est de répondre au besoin d'une norme concernant le flux transactionnel de l'information entre les composants logiciels dans un système CBM, et en vue de garantir l'interopérabilité entre eux. Elle contient sept modules flexibles dont le contenu (méthodologie et algorithmes) est configurable par l'utilisateur (voir Figure 17). Elle peut être simplifiée et adaptée à chaque besoin industriel en réduisant des modules.

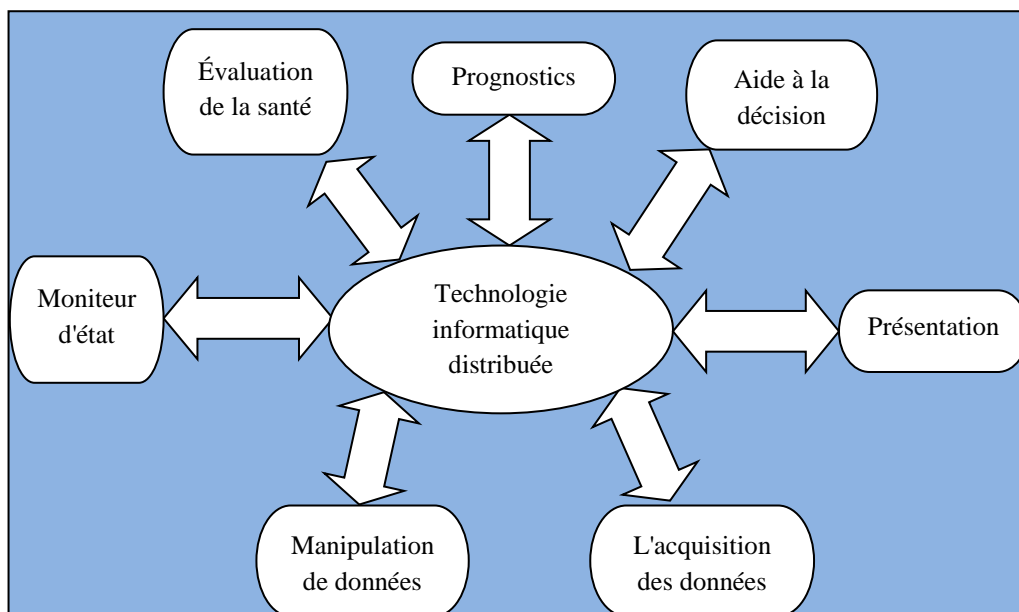


Figure 17: Architecture MIMOSA- OSA/CBM(Lebold & Thurston, 2001)

- **Type de maintenance :**

En effet, l'architecture OSA/CBM a mis le point sur les différentes couches présentant le cadre complet du processus de maintenance, mais elle ne prend en considération la partie gestion. Ainsi, elle ne traite qu'un seul type de processus à savoir le CBM (Condition Based Maintenance).

- **Interopérabilité :**

Concernant l'aspect d'interopérabilité, MIMOSA a traité l'interopérabilité syntaxique en fournissant le schéma de données partagé CRIS. Mais ceci n'assure pas un niveau d'interopérabilité sémantique.

- **Gestion des connaissances :**

Aucune démarche d'ingénierie ou de management de connaissances ni de services dynamiques évoluant selon les besoins de l'utilisateur n'est donné. En effet, MIMOSA s'intéresse à la normalisation et la standardisation des flux transactionnels dans un système complexe de maintenance.

- **Mécanisme de synchronisation :**

Dans MIMOSA on parle de mécanisme de collaboration sans approfondir dans les détails. Toutefois, il n'y a pas vraiment du partage de ressource, ce qui nous oriente plutôt vers une coopération entre les composants de ce système.

### 3.2.2. Dynamic Decisions in Maintenance(DYNAMITE)

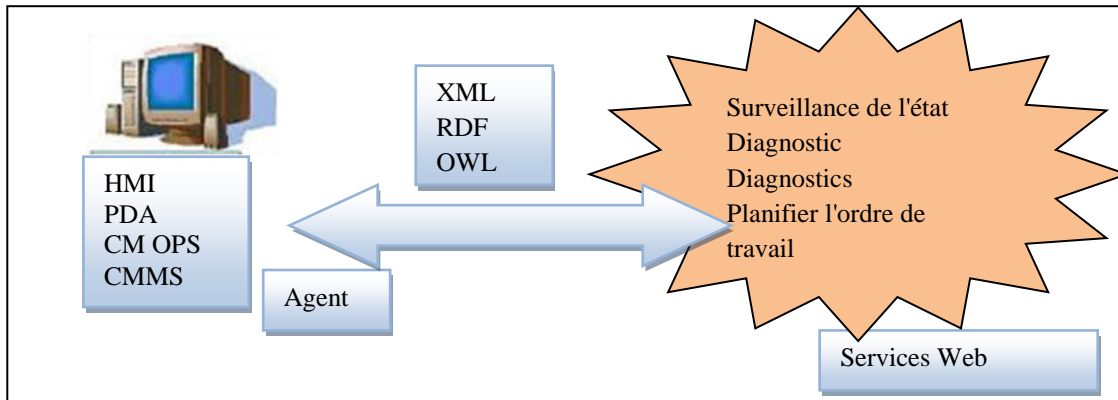
Dans la continuité des projets Européen, le projet DYNAMITE a eu comme objectif de créer une infrastructure pour les technologies mobiles de surveillance et, aussi, de créer de nouveaux appareils/ instruments intelligents. Ces réalisations permettront des avancées majeures dans la capacité des systèmes de décision intégrant capteurs et algorithmes [39].

Selon les objectifs déclarés par DYNAMITE, ce projet est centré sur la partie hardware et l'intégration des technologies mobiles et de nouveaux types de capteurs dans une plateforme de maintenance. Les dispositifs principaux incluent de la télémétrie sans fil, la présence d'un historique local dans des balises actives, et une instrumentation en ligne.

Dans ce contexte, une plateforme de maintenance DynaWeb a été développée. Elle se réfère à une architecture basée sur les services web et sur des logiciels de communication. Cette architecture prene appui sur des fonctionnalités avancées de maintenance en lien avec le diagnostic, le pronostic et le CBM (voir Figure 18). Elle permet une interaction



opérationnelle entre les différents acteurs dans le cadre d'un scénario applicatif de gestion de maintenance distribuée respectant le processus OSA-CBM.



**Figure 18: DynaWeb : c'est une plateforme basée sur les services Web (Arnaiz, Iung, Jantunen, Levrat, & Gilabert, 2007)**

- **Interopérabilité :**

L'architecture logicielle offre une interopérabilité entre les applications logicielles indépendantes sur Internet grâce au protocole SOAP assurant la communication entre ces applications. L'échange de données d'informations étant un des points majeurs de DYNAMITE, ce projet a traité le point d'interopérabilité syntaxique via les services web, une interopérabilité technique sans se préoccuper du niveau sémantique. DYNAMITE a adopté le modèle CRIS MIMOSA comme base de données commune et partagée et non pas une ontologie commune.

- **Type de maintenance :**

D'autre part, le projet s'est focalisé sur le processus OSA-CBM, notamment la maintenance proactive mais n'ont pas développés les autres stratégies de maintenance, ce qui limite la gestion de la maintenance dans la plateforme.

- **Gestion des connaissances :**

L'architecture de la plateforme contient une base de connaissances ce base de connaissance est développée pour alimenter le niveau « santé » et « pronostics » du processus OSA-CBM dans la plateforme, ce qui permet de définir des services intelligents. Toutefois, la structure de cette plateforme ne permet pas d'être auto-apprenante et de proposer des services dynamiques à la demande.

- **Mécanismes de synchronisation :**

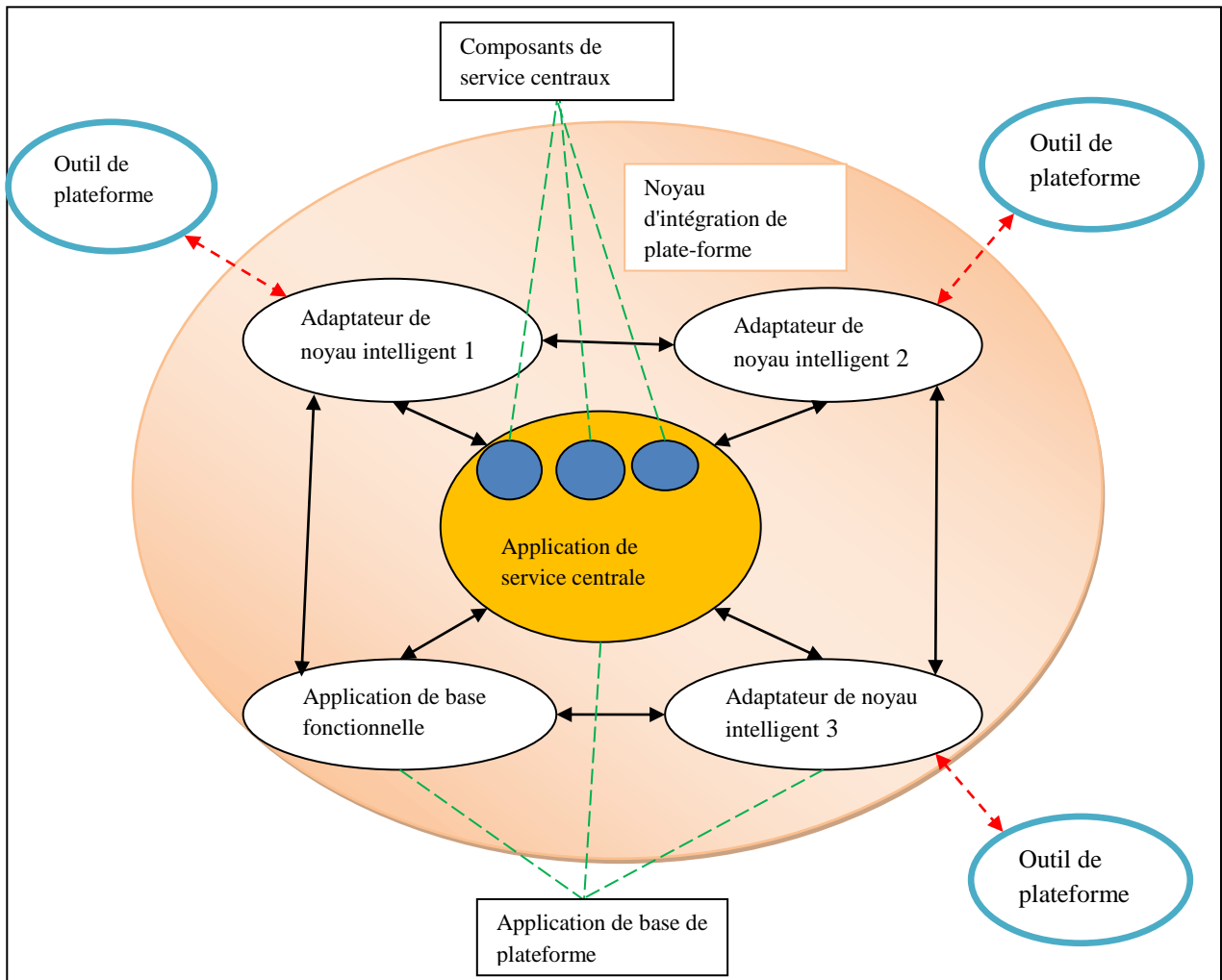
Les différents modules logiciels de DynaWeb communiquent entre eux afin d'accomplir une tâche spécifique tout en partageant la base de données MIMOSA. La plateforme utilise donc un mécanisme de collaboration.

### **3.2.3. PROTEUS**

Dans le cadre du projet Européen PROTEUS une première plateforme d'e-maintenance fournissant des services web a été développée [40].

Le principal objectif du projet est le développement d'une plateforme logicielle pour l'intégration et l'interopérabilité des modules logiciels de et de maintenance à distance. L'idée originale du projet dédiée à la maintenance industrielle, est liée à l'intégration de tout outil nécessaire à l'activité de maintenance, dont les fonctions vont de la détection des alarmes à la gestion des pièces de rechange, avec comme finalité d'optimiser les coûts et améliorer la productivité de l'équipement maintenu. L'objectif de la plateforme PROTEUS vise à l'intégration de ces sous-systèmes grâce à une description de l'équipement unique et cohérente (à travers une description d'ontologie de l'équipement), une architecture générique (basée sur la technologie "Web Services") et des modèles cohérents de composants hétérogènes et des solutions technologiques d'intégration (voir Figure 19). Ces techniques permettent de garantir l'interopérabilité de systèmes hétérogènes afin d'assurer l'échange et le partage des informations, des données ainsi que des connaissances.

Bien que PROTEUS ait touché plusieurs points et ait été considéré comme une révolution en 2006 dans les systèmes de maintenance, il ne répond plus aux recommandations et aux besoins actuels d'un système d'e-maintenance.



**Figure 19: Architecture d'intégration de PROTEUS (Bangemann, et al., 2006).**

- **Type de maintenance :**

L'un des objectifs de PROTEUS est intégrer tous les outils et applications autour de la maintenance et permettant de couvrir tout le processus de maintenance. Sur ce point PROTEUS est l'un des rares projets à avoir une vision complète sur le processus de maintenance.

- **Interopérabilité :**

PROTEUS traite le problème d'interopérabilité au niveau syntaxique via les services web ce qui permet un échange facile des données sans le partage des connaissances entre ses services.

- **Gestion des connaissances :**

Concernant l'ingénierie et le management des connaissances, PROTEUS se base sur un modèle de connaissances de l'équipement. Ce dernier est exploité par le service de diagnostic basé sur le raisonnement.

Ainsi, PROTEUS a prévu l'évolution de la plateforme via l'intégration de nouveaux services qui ne sont pas dynamiques.

- **Mécanisme de synchronisation :**

La nature « boîte noire » des services élimine la possibilité de partage des ressources internes entre ces services. De plus, comme tout système orienté service, la plateforme PROTEUS utilise un modèle d'orchestration entre les services d'où l'aspect de coopération.

### 3.2.4. Comparaison entre les trois plateformes de maintenance

Plateforme	Processus de maintenance	Interopérabilité	Exploitation des connaissances	Degré de synchronisation	Objectif
<b>MIMOSA</b> [37]	CBM	Syntaxique (MIMOSA-CRIS)		Coopération	Intégration
<b>DYNAMITE</b> [39]	OSA/CBM	Syntaxique (services web)		Collaboration	Création d'une infrastructure pour les technologies mobiles de surveillance
<b>PROTEUS</b> [40]	Tout le processus de maintenance	Syntaxique (services web)	Mémoire d'entreprise pour le diagnostic.	Coopération	Intégration, interopérabilité

Tableau 1: Comparaison entre les plateformes de maintenance

### 3.3. Travaux Réalisés à CDTA

Dans le cadre de permettre la communication (audio, vidéo, chat, RA) entre techniciens et experts, CDTA a développé plusieurs plateformes d'e-maintenance basé sur la réalité augmenté pour résoudre les problèmes de communication. Parmi ces plateformes il y a: système de collaboration basé sur les services web pour une application de réalité augmentée, communication audio, visuel et données pour une plate-forme distribuée pour l'e-maintenance industrielle, et un plateforme ALG.

### 3.3.1. Développement d'un système de collaboration basé sur les services web pour une application de réalité augmentée [41].

Ce projet rentre dans le cadre d'un projet de recherche de la division Productique et Robotique du Centre de Développement des Technologies Avancées(CDTA).

Il s'agit de développer un mini-système permettant à plusieurs utilisateurs distants de partager et d'interagir avec des données se trouvant dans une scène de réalité augmentée (voir Figure20) (visualisation et manipulation commune des objets virtuels 2D/3D, interaction synchronisée avec des objets 2D/3D). Les utilisateurs emploient des dispositifs mobiles de type casque de visualisation HMD (Head Mounted Display) afin de visualiser la scène de réalité augmentée partagée.

Cette technologie permet aux utilisateurs de collaborer d'une manière efficace puisque l'échange de donnée s'effectue en temps réel. Premièrement chaque utilisateur doit choisir l'outil de visualisation pour afficher l'espace de manipulation. Cette espace contient deux parties, la première consiste à contrôler l'application comme sélectionner le bouton d'objets, visualiser l'objet, afficher contour et changer diapositive. La deuxième partie de ce menu est utilisé pour la manipulation d'objets (Voiture 3D), comme zoom, translation et rotation sur les trois axes (x, y, z).

Ce projet présente 2 types de manipulation : 1) Manipulation de même voiture 3D qui permet à deux utilisateurs de manipuler en collaboration à tour de rôle la même voiture 3D après avoir choisi la même voiture 3D, ils peuvent utiliser l'icône zoom, rotation, etc. 2)Manipulation de différentes voitures 3D, dont chaque utilisateur pourrait manipuler une voiture 3D, comme il peut visualiser les différentes manipulations appliquées sur la voiture 3D (comme zoom, rotation ; translation, afficher contour, etc.)

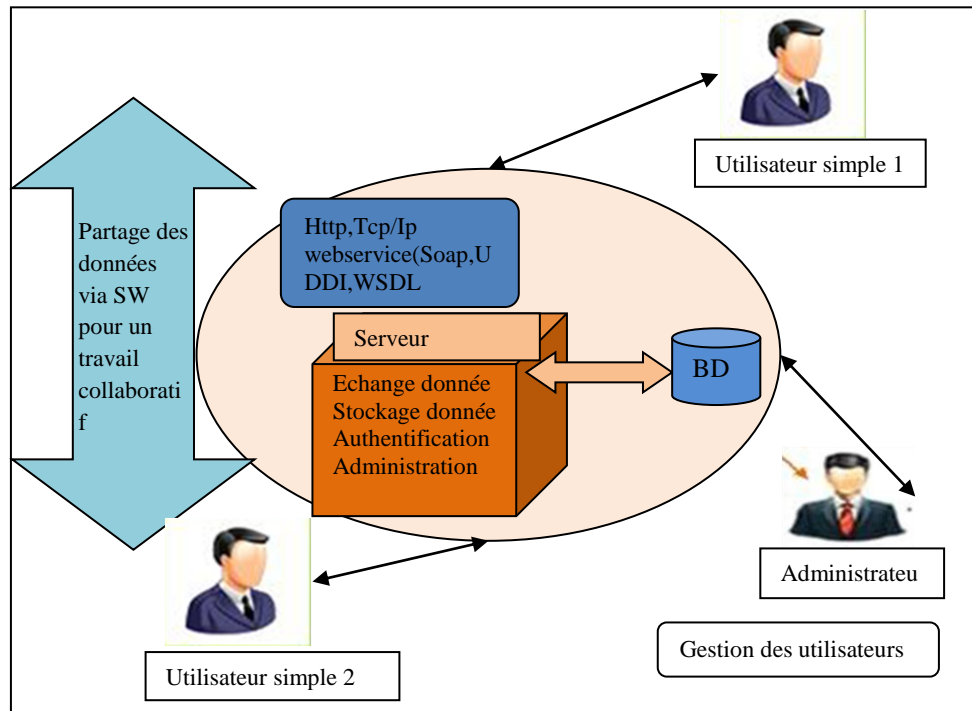


Figure 20: Architecture retenue pour un système collaboratif[41].

**a. Avantages:** Parmi les avantages c'est la possibilité de :

- Étendre le système développé pour supporter la collaboration multi-utilisateurs au lieu de se limiter au cas de deux utilisateurs.
- Développer un système de collaboration sans l'utilisation de marqueurs codés.
- Développer un système de collaboration pour construire des objets 3D.

**b. Inconvénients :** Parmi les inconvénients liés à cette plateforme sont :

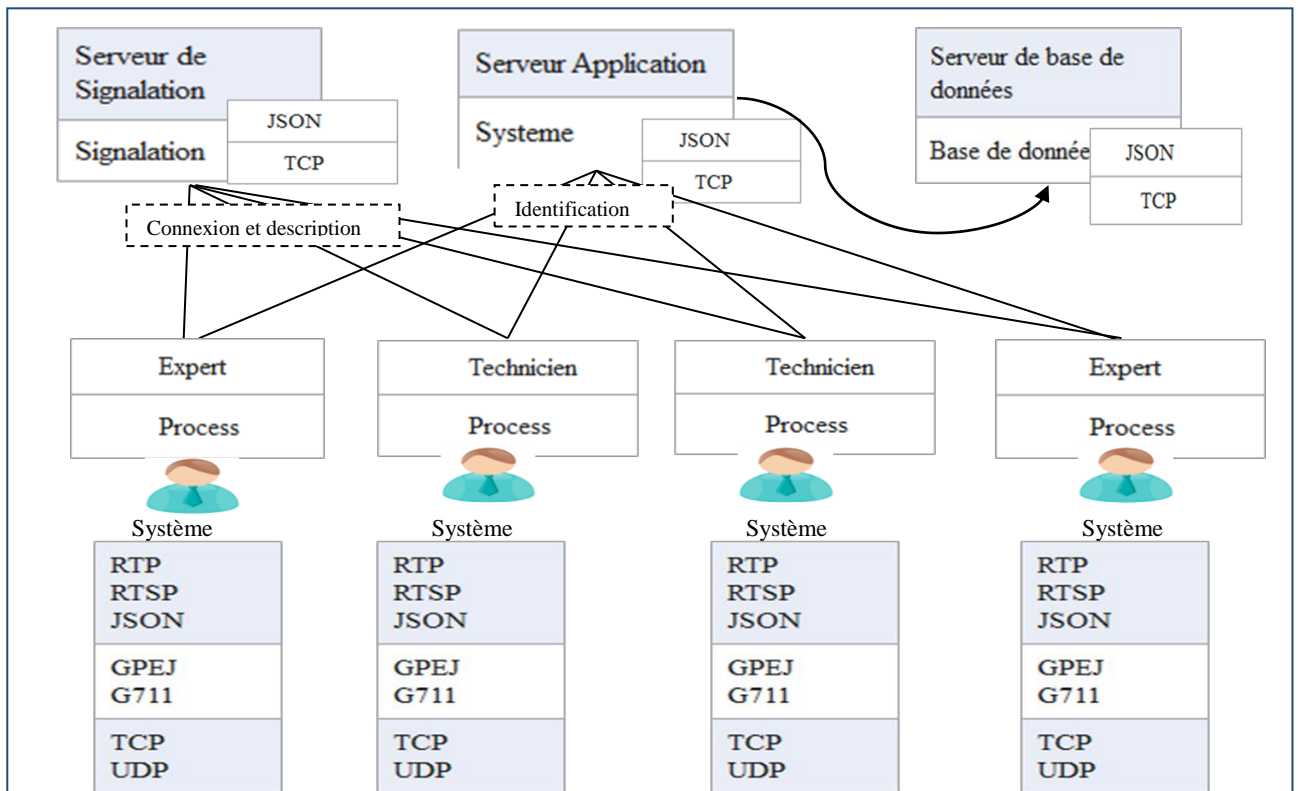
- Un de grands inconvénients de cette solution est de devoir disposer manuellement des tags qui sont prédéfinis dans l'environnement pour que l'application fonctionne.
- Cette plateforme n'offre pas la possibilité de l'utiliser de l'audio et le chat entre l'expert et le technicien.

### 3.3.2. Communication audio, visuel et données pour une plate-forme distribuée pour l'e-maintenance industrielle [42].

Ce projet rentre dans le cadre du projet R&D « E-Maintenance by Augmented Reality, EMAR » initié au CDTA au sien de l'équipe de recherche Interaction, Réalité Virtuelle et Augmentée (IRVA). L'objectif du projet est de développer une plateforme distribuée d'e-maintenance des systèmes industriels par la réalité augmentée.

L'objectif de ce projet est de réaliser un système téléassistance d'aide de la réalité augmentée. Ce système aide d'une part les techniciens à effectuer leurs scénarios de réparation et, d'autre part, les experts pour générer les procédures de maintenance « via la réalité augmentée » nécessaires pour les techniciens.

Ce travail de recherche consiste à proposer une architecture pour une application temps réel. Cette application permet une communication audio, visuel, et textuelle, plus il utilise la communication des objets virtuels. Cette architecture permet à l'ensemble des techniciens et des experts de connecter à un serveur qui s'appelle serveur de signalisation pour faire des liaisons entre tous les utilisateurs, de plus elle permet l'établissement des appels entre les techniciens et les experts pour se coopèrent à la réalisation des tâches de maintenance. Dans le transfert de flux multimédia, cette application utilise le protocole RTP, qui est le plus utilisé dans le domaine de streaming. Dans le transfert des commandes de multimédia, elle utilise le protocole RTSP (voir Figure 21).



**Figure 21: Architecture générale d'un système téléassistance d'aide à la maintenance[42]**

**a. Avantages :** cette plateforme offre plusieurs avantages sont :

- Offre aux techniciens qui ont des problèmes de réalisation de tâches de maintenance de chercher les experts en ligne et la possibilité choisir un expert pour le contacter avec une appelle vidéo et/ou audio et/ou chat.
- Offre à l'expert la possibilité d'envoyer des objets 3d de réalité augmentée à l'application du technicien.

**b. Inconvénients :** Le principal inconvénient de cette plateforme est :

- Dans ce système le STUN ne fonctionne pas pour le NAT symétrique.

### 3.3.3. Plateforme Application-Level Gateway (ALG) [43].

Cette plateforme présente le développement d'un module de communication en temps réel entre les postes de techniciens et d'experts pour une plate-forme d'e-maintenance en utilisant des serveurs de signalisation et de relies. Ce module prend en compte la configuration réseau pour offrir les meilleures performances, principalement la traversée du NAT. Des techniques normalisées pour la traversée du NAT et du pare-feu sont listées; certaines nécessitent une reconfiguration du NAT et du pare-feu alors que d'autres ne le font pas.

Il est clair que cette solution permet de transférer les données sur le meilleur chemin entre les terminaux experts et techniciens. C'est avantageux, surtout lorsque les deux sont situés dans le même réseau privé.

La plateforme e-maintenance proposée est principalement composée de deux stations: (i) Station de technicien utilisée par les techniciens et (ii) Station d'expert utilisée par les experts. Lorsqu'un technicien fait face à un dépannage qu'il ne peut pas résoudre seul, il devrait pouvoir demander l'aide d'une liste d'experts disponibles. Par conséquent, la plateforme utilise deux modules (voir Figure22): un module RA et un module de communication.

- **Module RA:** il extrait les coordonnées des marqueurs de la vidéo, permet aux experts d'ajouter des objets virtuels 3D dans la vidéo et l'augmente sur le poste de technicien (avec des objets virtuels 3D ajoutés par les experts) afin de guider les techniciens.
- **Module de communication:** il diffuse la vidéo sur la machine avec les pannes (capturées par le poste de technicien) et les coordonnées des marqueurs (extraites par le poste de technicien des images vidéo) vers le poste d'expert, assure la



communication audio bidirectionnelle et la messagerie texte entre techniciens et experts, communique les propriétés des objets virtuels 3D ajoutés par les experts à la station de techniciens.

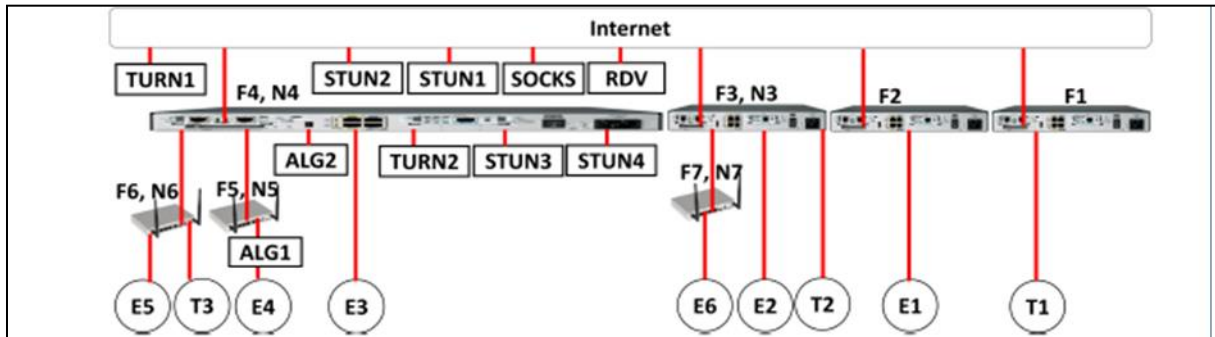


Figure 22: description de plateforme ALG[43]

**a. Avantage d'ALG :** La plateforme ALG vise les avantages suivants :

- L'approche de communication point à point proposée tire un grand avantage de la possibilité de reconfigurer les périphériques réseaux tels que NAT et pare feu.
- Sélection le meilleur chemin de données entre l'expert et le technicien.

**b. Inconvénients d'ALG :** La plateforme ALG fait face à ces problèmes suivants :

- Cette solution nécessite l'installation de plusieurs serveurs donc elle a besoin de configuration de beaucoup de paramètres, et l'administration et la maintenance de beaucoup serveurs.
- Elle est court de développement, et n'est pas tester dans environnement réel.

### 3.3.5. Comparaison entre les travaux réalisés à CDTA

Plateformes	Objectifs	Type de communication	Type de réseau
<b>Développement d'un système de collaboration basé sur les services web pour une application de réalité augmentée</b>	réalisées un système téléassistance d'aide à la maintenance	n'adapte pas la communication audio et chat	Différent réseau (à distant)
<b>Communication audio, visuel et données pour une plateforme distribuée pour l'e-maintenance industrielle</b>	réalisées un système téléassistance d'aide à la maintenance	Communication vidéo et/ou audio et/ou chat	Différent réseau (à distant)

<b>ALG</b>	réalisées un système téléassistance d'aide à la maintenance	Communication vidéo et/ou audio et/ou chat	Différent réseau (à distant)
------------	---	--	------------------------------

**Tableau 2: comparaison entre les travaux réalisés à CDTA**

### Conclusion

La fonction de maintenance tient une position stratégique dans l'organisation de l'entreprise et répond à des besoins permettant de maîtriser, techniquement et économiquement, le maintien en condition opérationnel des équipements industriels.

Dans ce chapitre nous avons effectué une analyse de plusieurs plateformes d'e-maintenance qui ont été développées ces dernières années. Nous avons focalisé le travail sur les plateformes qui sont classées sous la dénomination e-maintenance et la réalité augmentée. Cette analyse a comme objectif l'identification des plateformes en concordances avec la définition de la plateforme d'e-maintenance. Nous avons conclu qu'il y a des besoins de redévelopper une nouvelle plateforme d'e-maintenance basé sur la réalité augmentée avec sa propre architecture en se basant sur celle proposé par le CDTA. L'objectifs et d'assurer le fonctionnement de la plateforme même quand les NAT ou les pare feux bloc le protocole UDP.

Dans le chapitre suivant nous présenterons la conception et l'implémentation d'un système d'e-maintenance permettant le traversé du NAT en utilisant le serveur TURN.

# Chapitre 4

## Conception d'un système de Téléassistance à la maintenance

### 4.1. Introduction

L'objectif de notre travail est de réaliser un système téléassistance à la maintenance. Ce système se base sur le principe de la réalité augmentée. Le but est d'aider d'une part les techniciens à effectuer leurs scénarios de réparation et, d'autre part, les experts pour générer les procédures de maintenance « via la réalité augmentée » nécessaires pour les techniciens.

Ce chapitre présentera dans la première partie la structuration de notre architecture globale, en suit nous analysons les différents cas d'utilisation afin de déterminer les scénarios nominaux et alternatifs d'exécution. Dans la deuxième partie, ces différents scénarios seront modélisés en diagrammes UML qui seront par la suite utilisés dans la phase d'implémentation.

### 4.2. Architecture globale de système

Nous proposons l'architecture de l'application téléassistance temps réel qui représentent les fonctionnalités que doivent être fournis aux utilisateurs.

Cette architecture (voir Figure 23) identifie des acteurs qui sont des entités externes qui agissent sur le système (opérateur, autre système, etc.) et qui peuvent consulter ou modifier l'état du système. Les acteurs possibles sont:

- **Administrateur:** c'est une personne qui gère le système. C'est-à-dire, Il peut démarrer le serveur ou actualiser le serveur, comme il peut consulter, ajouter, modifier, supprimer des utilisateurs et faire des mises à jour sur la base de données, aussi, assurer l'accessibilité ainsi que le bon fonctionnement du système.
- **Technicien:** c'est la personne qualifiée à l'utilisation des outils du système d'e-maintenance. Cette personne contrôle l'équipement en panne et diagnostique ensuite la panne et sa cause. En cas ou la panne, n'est pas résolu, il peut demander l'aide d'un expert disponible pour l'assister.

- **Expert:** c'est une personne spécialisée qui a acquis des connaissances, et/ou des compétences dans son domaine. Il doit être qualifié pour l'utilisation des outils du système d'e-maintenance et capable de recevoir et de traiter les demandes d'aides envoyées par les techniciens.

Le système proposé effectue plusieurs fonctions en utilisant des différents serveurs (comme serveur application, serveur de Base de données, serveur TURN). Premièrement le serveur application prend en charge la liaison entre tous les utilisateurs connectés (techniciens/experts). Chaque utilisateur, quand il se connecte, il envoie une requête avec une description qui contient ses propres informations (id, nom d'utilisateur, adresse, etc.) au serveur application pour l'informer de sa disponibilité et pour faciliter aux autres utilisateurs de localiser. De plus le serveur application qui reçoit les requêtes de login des utilisateurs, contacte le serveur de base de données pour la vérification. Si un utilisateur est connecté, le serveur application lui donne la possibilité d'échanger ou demander des informations comme la liste des experts en ligne, déconnecter, etc. Le serveur application permet à l'administrateur du système de faire plusieurs tâches comme la création des nouveaux utilisateurs, la modification, ou la suppression des profils des utilisateurs existants.

Deuxièmement le serveur application va créer une session multimédia quand un technicien contacte un expert pour régler une panne, il envoie son id avec la description de la session (vidéo, audio, chat, RA.). Le serveur d'application cherche l'expert concerné par cet appel pour l'informer qu'il reçoit une demande pour assister un technicien.

De plus le serveur STUN est utilisé pour détecter les ports et adresses publiques des ports et les adresses privées. Alors que le serveur TURN sert à régler le problème de blocage d'UDP par le NAT symétrique et les pare-feux.

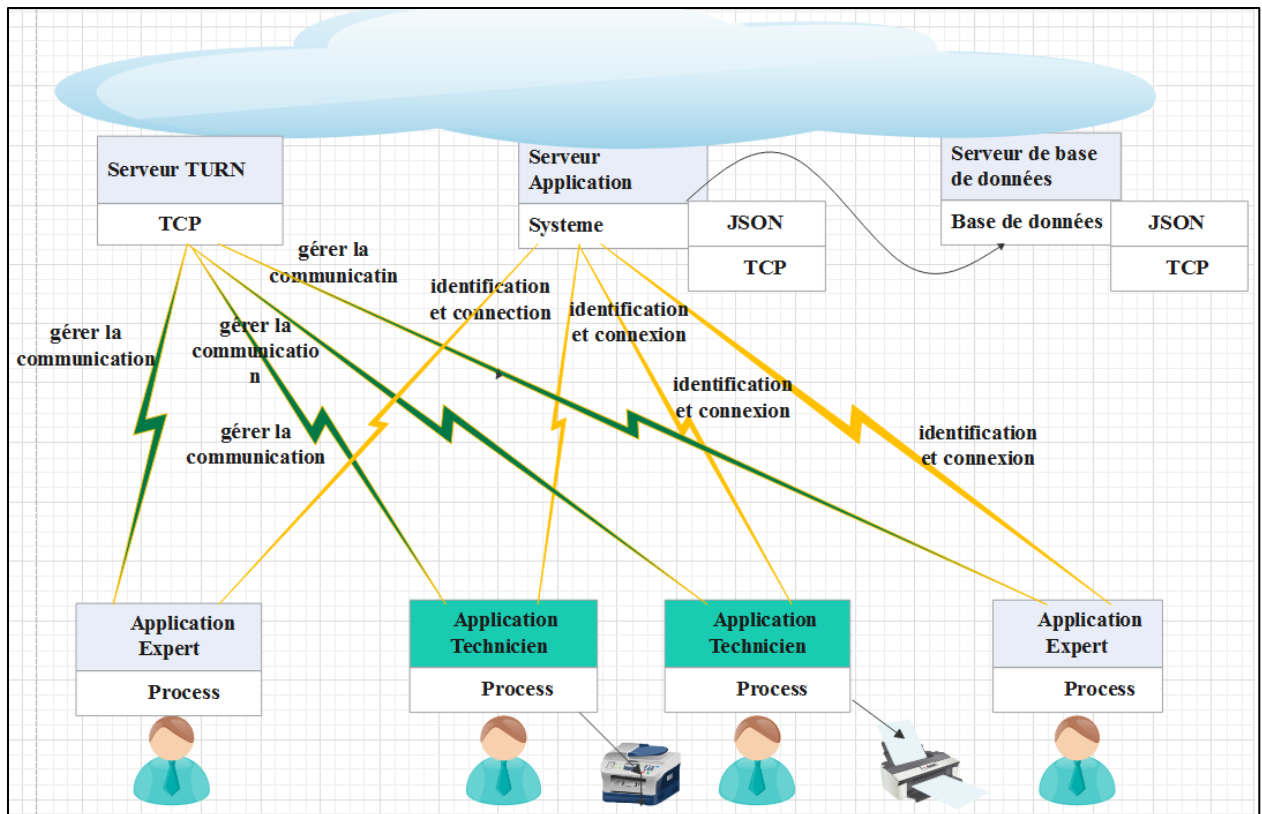


Figure 23: Architecture générale du système

### 4.3. Elaboration des cas d'utilisation

Dans cette phase du processus, on présentera les différents cas d'utilisation qui seront réalisés, plus la description de chaque cas d'utilisation.

#### 4.3.1. Diagramme des cas d'utilisation global

Ce diagramme de cas d'utilisation globale (voir Figure 24) permet d'explicitier comment notre système est utilisé. Selon notre diagramme dans Figure 24, il existe trois acteurs principaux (technicien, expert, administrateur) qui agissent directement sur le système et ils ont besoin d'utiliser le système. Ils existent également deux acteurs secondaires (serveur application, serveur TURN), qui font partie du système (des acteurs internes). Dans notre diagramme, il y a plusieurs cas d'utilisation chacun représente un ensemble d'actions qui sont réalisées par le système et qui produisent un résultat observable des acteurs particuliers.

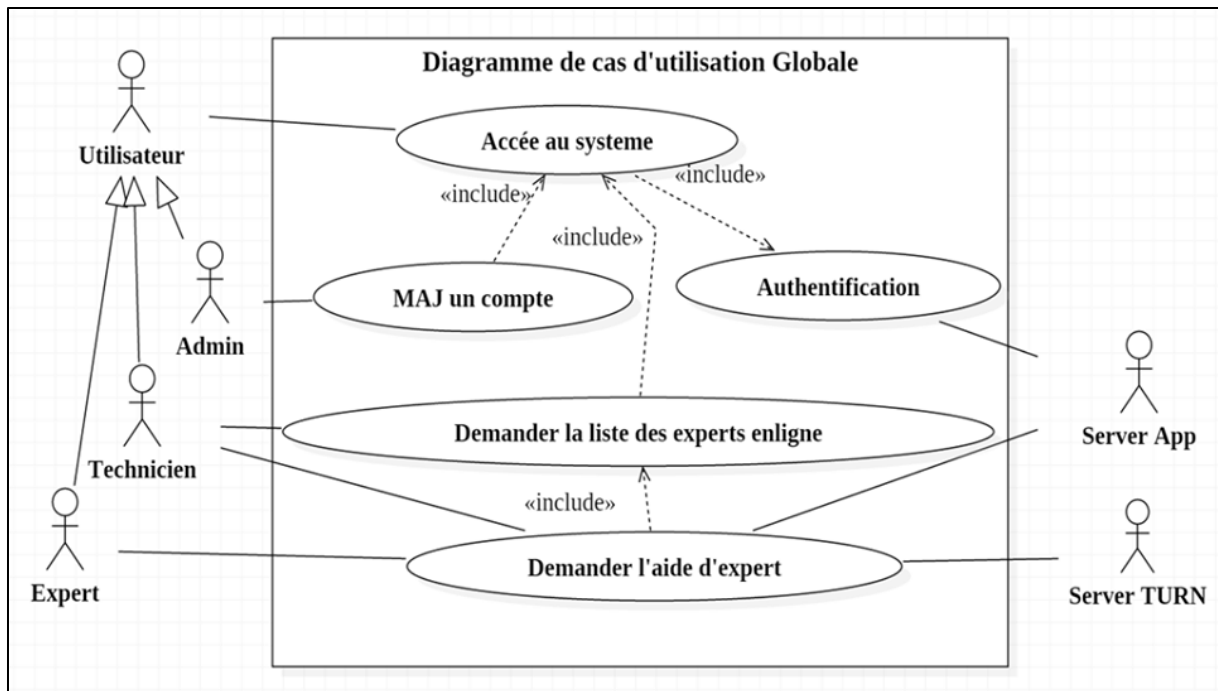


Figure 24: Diagramme de cas d'utilisation global

Nous identifions les cas d'utilisation qui donnent un aperçu des fonctionnalités que doivent être implémentés, ensuite nous allons détailler chaque cas d'utilisation qui est l'objet d'une définition a priori. Nous allons décrire l'intention des acteurs lorsqu'ils utilisent le système et les séquences d'actions principales qu'il est susceptible d'effectuer. Ces définitions servent à clarifier les idées et n'ont pas pour but de spécifier un fonctionnement complet et irréversible.

### 4.3.1.1. Accès au système

L'administrateur, technicien et l'expert doivent s'authentifier avant d'accéder au système. La Figure 25 représente le diagramme de cas d'accès au système par d'un utilisateur.

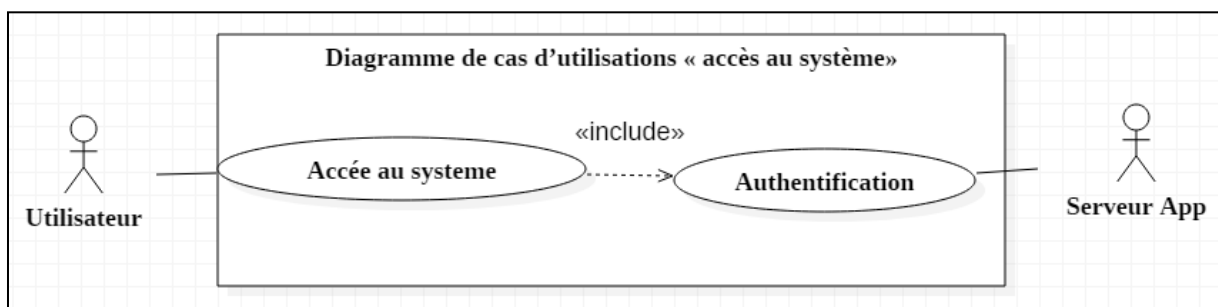


Figure 25: Diagramme de cas d'utilisations " accès au système "

➤ **Sommaire d'identification:** l'objectif est de présenter le but du cas d'utilisation "Access au système" ainsi que les acteurs.

- **But:** Accéder à l'espace personnel.
  - **Acteur:** Administrateur, Technicien, Expert.
- **Description des enchainements:** le but est de présenter des prés-conditions au déclenchement du cas d'utilisation "Access au système", un scénario nominal décrivant celui-ci sera additionnés à des scénarios alternatifs et d'exceptions.
- **Prés-condition:** L'acteur doit être inscrit.
  - **Scénario nominal:** Ce cas d'utilisation commence lorsque l'acteur accède au système. L'acteur doit saisir ses informations (Nom d'utilisateur et mot de passe).
  - **[Exception1 : champ obligatoire]:** le système déclenche une exception sur un champ obligatoire en envoyant un message d'erreur à l'acteur pour l'informer qu'un des champs n'ont été pas remplis.
  - **[Exception2 : champ invalide]:** le système déclenche un message d'erreur sur la validité du nom de l'utilisateur ou du mot de passe.
  - **Post-condition:** Accéder à l'espace personnel de l'acteur: (i). Le système informe le serveur d'application que l'utilisateur est disponible, (ii). Le serveur application ajoute l'utilisateur à la liste des utilisateurs connectés.

### 4.3.1.2. Mise à jour des comptes:

Figure 26 représente le diagramme de cas d'utilisation de mise à jour de comptes par un administrateur.

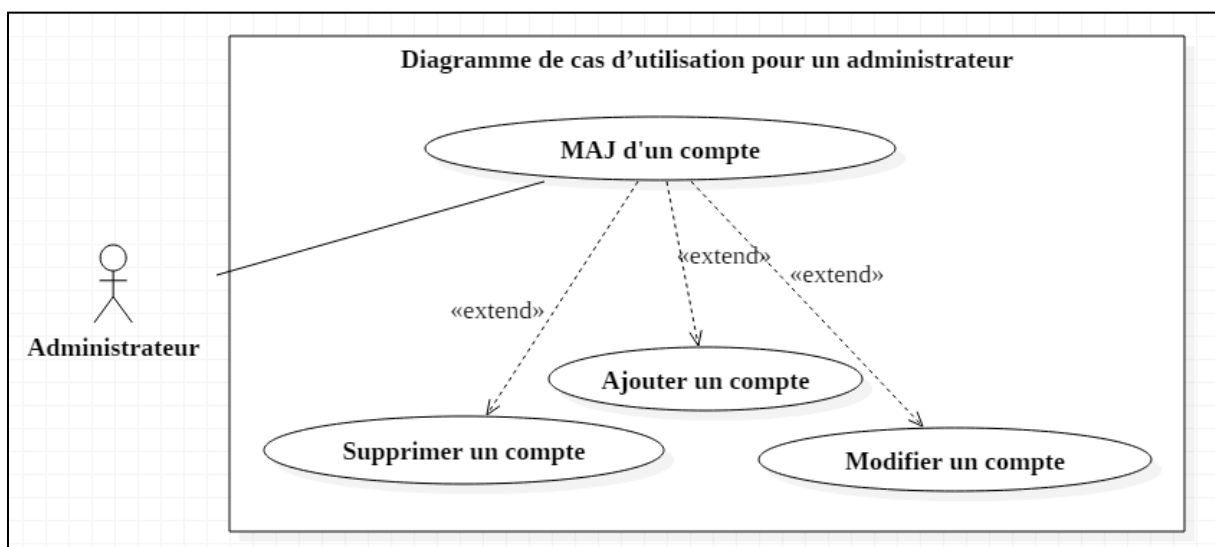


Figure 26: Diagramme de cas d'utilisation "Mise à jour des comptes"

Un administrateur peut effectuer les tâches présentées dans le Tableau 3:

Cas d'utilisation	Messages émis/reçus par les acteurs
Ajouter un compte d'un intervenant	<b>Emet</b> : demande d'inscription. <b>Reçoit</b> : validation d'inscription.
Modifier un compte d'un intervenant	<b>Emet</b> : demande de modification. <b>Reçoit</b> : données modifiées.
Supprimer un compte d'un intervenant	<b>Emet</b> : demande de suppression. <b>Reçoit</b> : compte supprimé.

**Tableau 3: Identification des cas d'utilisations "Mise à jour des comptes"**

### 4.3.1.2.1. Ajouter un utilisateur

➤ **Sommaire d'identification:** résumer les propriétés du cas d'utilisation "ajouter un utilisateur":

- **But:** Ajouter un utilisateur (expert ou technicien) pour qu'il puisse accéder au système.
- **Acteur:** Administrateur

➤ **Description des enchaînements:** cette description est pour définir les pré-conditions au déclenchement du cas d'utilisation "Ajouter un utilisateur" doivent être spécifiées, un scénario nominal décrivant celui-ci additionnés à des scénarios alternatifs et d'exceptions:

- **Prés-condition:** L'administrateur doit être s'authentifier.
- **Scénario nominal:** Ce cas d'utilisation commence lorsque l'administrateur demande au système d'ajouter un utilisateur (technicien ou expert). L'administrateur remplit les informations de l'utilisateur simple (nom, prénom, téléphone, e-mail, login et mot de passe) et valide l'inscription.
- **[Exception1 : champ obligatoire]:** le système déclenche une exception sur un champ obligatoire en envoyant un message d'erreur à l'administrateur qui l'informe qu'un champ n'est pas rempli.
- **[Exception2 : utilisateur existe déjà] :** dans ce cas, le système déclenche une exception en envoyant un message d'erreur à l'administrateur qui l'informe que cet utilisateur est déjà inscrit.
- **Post-condition:** L'utilisateur accédait à l'espace personnel.



### 4.3.1.2.2. Supprimer un utilisateur

- **Sommaire d'identification:** il permet de présenter le but du cas d'utilisation "Supprimer un utilisateur" et les acteurs principales.
  - **But:** Supprimer un utilisateur (technicien ou expert) pour qu'il ne puisse pas accéder au système.
  - **Acteur:** Administrateur.
- **Description des enchaînements:** l'objectif est présenter les prés-conditions du cas d'utilisation "Supprimer un utilisateur " et le scénario nominal et les post-conditions.
  - **Prés-condition:** L'administrateur doit être s'authentifier.
  - **Scénario nominal:** Ce cas d'utilisation commence lorsque l'administrateur accède au système. L'administrateur consulte la liste des utilisateurs (techniciens ou experts) puis il sélection l'utilisateur (technicien ou expert) qu'il souhaite après il confirme la suppression.
  - **Post-condition:** L'utilisateur soit supprimé.

### 4.3.1.2.3. Modifier un utilisateur

- **Sommaire d'identification:** présenter le but et l'acteur de cas d'utilisation "Modifier un utilisateur"
  - **But:** Modifier les données d'un utilisateur (technicien ou expert).
  - **Acteur:** Administrateur.
- **Description des enchaînements:** elle décrit les prés-conditions du cas d'utilisation " Modifier un utilisateur " et le scénario nominal et les post-conditions.
  - **Prés-condition:** L'administrateur doit être s'authentifier.
  - **Scénario nominal:** Ce cas d'utilisation commence lorsque l'administrateur accède au système. L'administrateur consulte la liste des utilisateurs (techniciens ou experts) puis il sélection l'utilisateur (technicien ou expert) qu'il souhaite modifier.
  - **Post-condition:** L'utilisateur soit modifié.

### 4.3.1.3. Demande la liste des experts en ligne

Figure 27 représente le diagramme de cas d'utilisation "Demande la liste des experts en ligne":

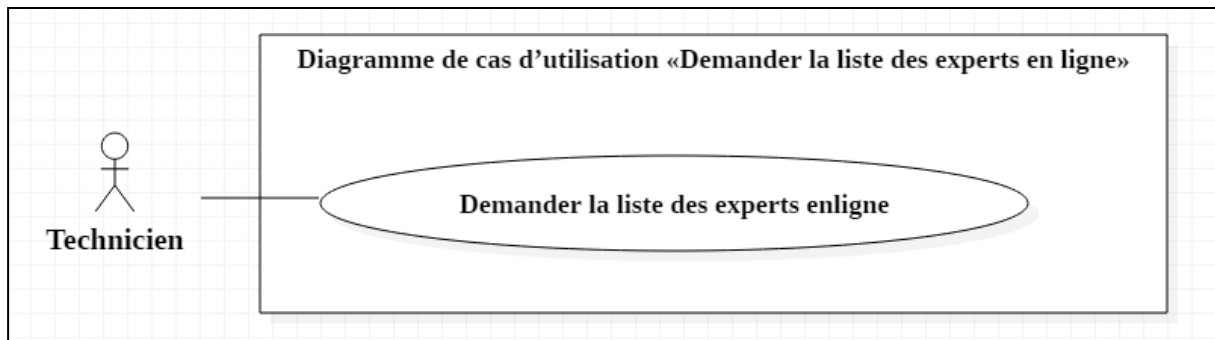


Figure 27: Diagramme de cas d'utilisation " Demande la liste des experts en ligne "

Un technicien peut réaliser la tâche présentée dans le Tableau 4:

Cas d'utilisation	Messages émis/reçus par Technicien
Demander la liste des experts en ligne	<b>Emet</b> : demander la liste d'expert en ligne. <b>Reçoit</b> : une liste qui contient tous les identifiants de l'expert en ligne.

Tableau 4: Identification des cas d'utilisations "Demande la liste des experts en ligne "

- **Sommaire d'identification:** ce sommaire représente l'ensemble des propriétés du cas d'utilisation "demander la liste des experts en ligne ".
  - **But:** Récupérer la liste des experts en ligne.
  - **Acteurs :** Technicien.
- **Description des enchainements:** cette description montre l'enchainement du cas d'utilisation "demander la liste des experts en ligne" qu'inclue les prés-conditions et le scénario nominal et les post-conditions ainsi que les exceptions.
  - **Pré condition:** L'acteur doit être s'authentifier.
  - **Scénario nominal:** Ce cas d'utilisation commence lorsque le technicien demande la liste des experts en ligne : (i) L'application de technicien envoie une requête au serveur application, (ii) Le serveur d'application récupère les noms et les identifiants des experts en ligne et le renvoie au technicien (TechnicienEndpoint), (iii) L'application de technicien visualise le résultat au technicien.
  - **[Exception1: Liste vide] :** le système déclenche un message (liste vide).
  - **Post-condition:** liste des experts est visualisés.

#### 4.3.1.4. Demander l'aide de l'expert

Figure 28 représente le diagramme de cas d'utilisation "Demander l'aide d'expert":

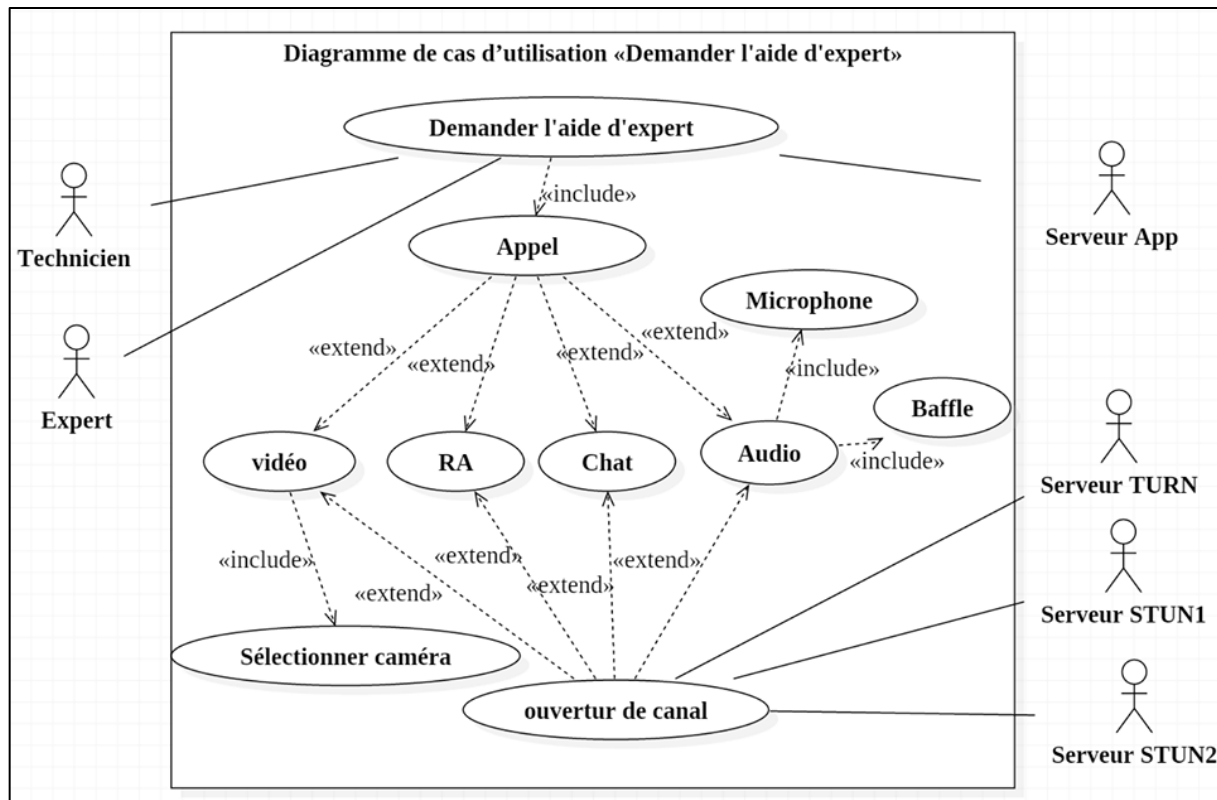


Figure 28: Diagramme de cas d'utilisation "Demander l'aide d'expert".

Le technicien et l'expert peuvent réaliser la tâche présentée dans le Tableau 5:

Cas d'utilisation	Messages émis/reçus par Technicien
Demander l'aide de l'expert.	<b>Emet :</b> demander l'expert à envoyer une Appel (vidéo audio, chat, RA). <b>Reçoit:</b> Appel accepter/refuser

Tableau 5: Identification de cas d'utilisation "Demande l'aide de l'expert"

➤ **Sommaire d'identification :** il est pour bien connaître le but et l'acte de cas d'utilisation "demander l'aide de l'expert":

- **But:** Trouver une solution à un problème de maintenance.
- **Acteur :** Technicien, Expert.

➤ **Description des enchainements:** elle permet de rédiger les enchainements du cas d'utilisation " demander l'aide de l'expert " qui ont les prés-conditions et le scénario nominal et les postes conditions ainsi que les exceptions:

- **Prés-condition:** le technicien et l'expert doivent être s'authentifier et l'expert soit disponible.
- **Scénario nominal:** Ce cas d'utilisation commence lorsque le technicien choisit un expert disponible et désire le contacter: le technicien envoie un appel au serveur

d'application après le serveur application cherche l'expert concerné pour lui transmettre l'appel et envoie l'appel à l'expert. L'expert accepte la demande de connexion et ensuite valide l'appel par une réponse (vidéo, audio, chat, RA.), et retransmet au serveur d'application qui va le renvoyer au technicien. Le technicien vérifie la réponse et construit des canaux nécessaires pour les flux de données. Enfin le technicien et expert commencent la communication directe.

- **[Exception1: champ obligatoire]** : le système déclenche une erreur sur un champ vide si la liste des experts disponible est vide.
- **[Exception1: appel refuser]** : le serveur d'application informe le technicien que le candidat est refusé.
- **Post-condition:** L'expert et le technicien commencent la session et la transmission /réception des flux de données.

### 4.3.2. Diagrammes de séquence

Dans cette partie nous présenterons les diagrammes de séquence qui détaillent les cas d'utilisation précédents.

#### 4.3.2.1. Diagramme de séquence "S'authentié"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 29) représente le scénario d'authentification qui se résume dans les étapes suivantes :

1. L'utilisateur (technicien/expert) saisit son identifiant et mot de passe.
2. Le système vérifie l'identification et le mot de passe saisi par l'utilisateur
3. Le système envoie une requête au serveur application pour vérifier la validité des données saisies.
4. Le serveur application contacte le serveur de base de données pour vérifier l'existence des données de l'utilisateur et renvoie les résultats au système.
5. Si les données sont erronées, le système réaffiche la fenêtre de login.
6. Si les données sont correctes, le serveur application « ajouter » l'utilisateur à la liste des utilisateurs disponibles.
7. Le système donne la main à l'utilisateur pour accéder à son espace personnel et informe le serveur application de sa disponibilité.

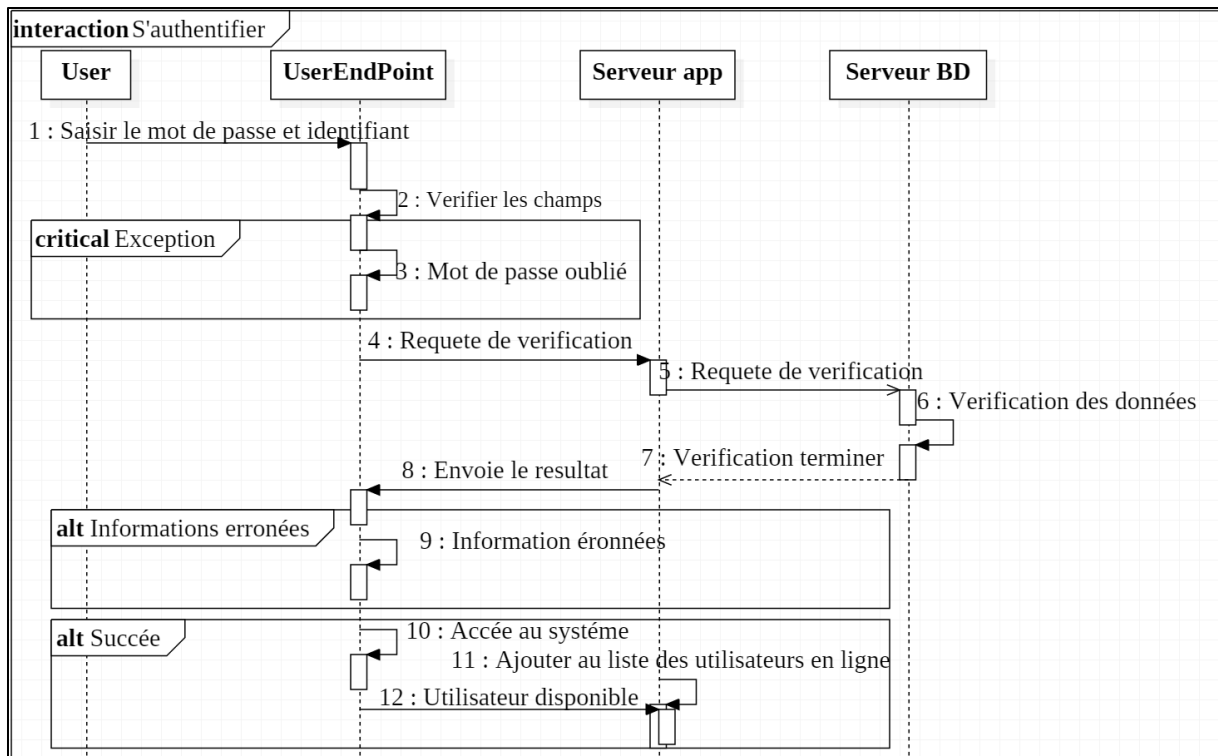


Figure 29: Diagramme de séquence "S'authentifie"

### 4.3.2.2. Diagramme de séquence "Ajouter un compte"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 30) représente le scénario d'ajouter un compte qui se résume dans les étapes suivantes :

1. L'administrateur demande le formulaire d'ajout au serveur application.
2. Le serveur application affiche le formulaire d'ajout.
3. L'administrateur remplit le formulaire.
4. Le serveur application envoie le formulaire par une requête à serveur base de données.
5. Le serveur base de données vérifie l'existence de ce compte.
6. Si le compte existe déjà, le serveur base de données envoie un message à serveur application pour l'informer que le compte existe déjà.
7. Sinon, le serveur base des données enregistre les données et envoie un message d'enregistrement à serveur application.
8. Le serveur application envoie un message d'enregistrement à l'administrateur.

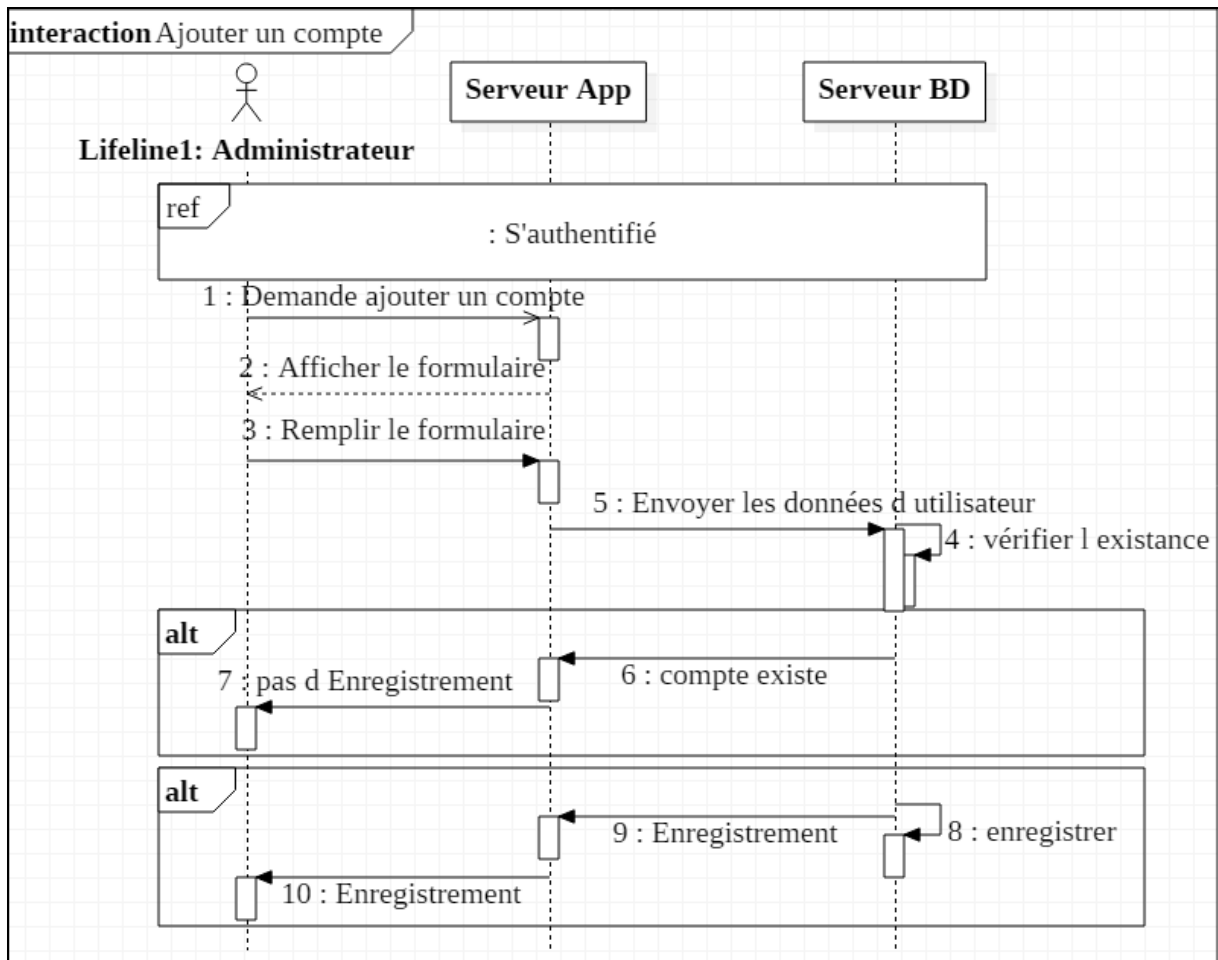


Figure 30: Diagramme de séquence "Ajouter un compte"

#### 4.3.2.3. Diagramme de séquence " Supprimer un compte"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 31) représente le scénario de supprimer un compte qui se résume dans les étapes suivantes :

1. L'administrateur demande suppression d'un compte.
2. Le serveur application demande la liste des comptes au serveur base de données.
3. Une fonction de recherche se fait au niveau du serveur base de données.
4. Le serveur base de données retourne la liste des comptes à serveur application.
5. Le serveur application affiche la liste des comptes à l'administrateur.
6. L'administrateur sélectionne le compte à supprimer.
7. Si l'administrateur valide la suppression avec oui le compte sera supprimé.
8. Sinon le compte ne sera pas supprimé.

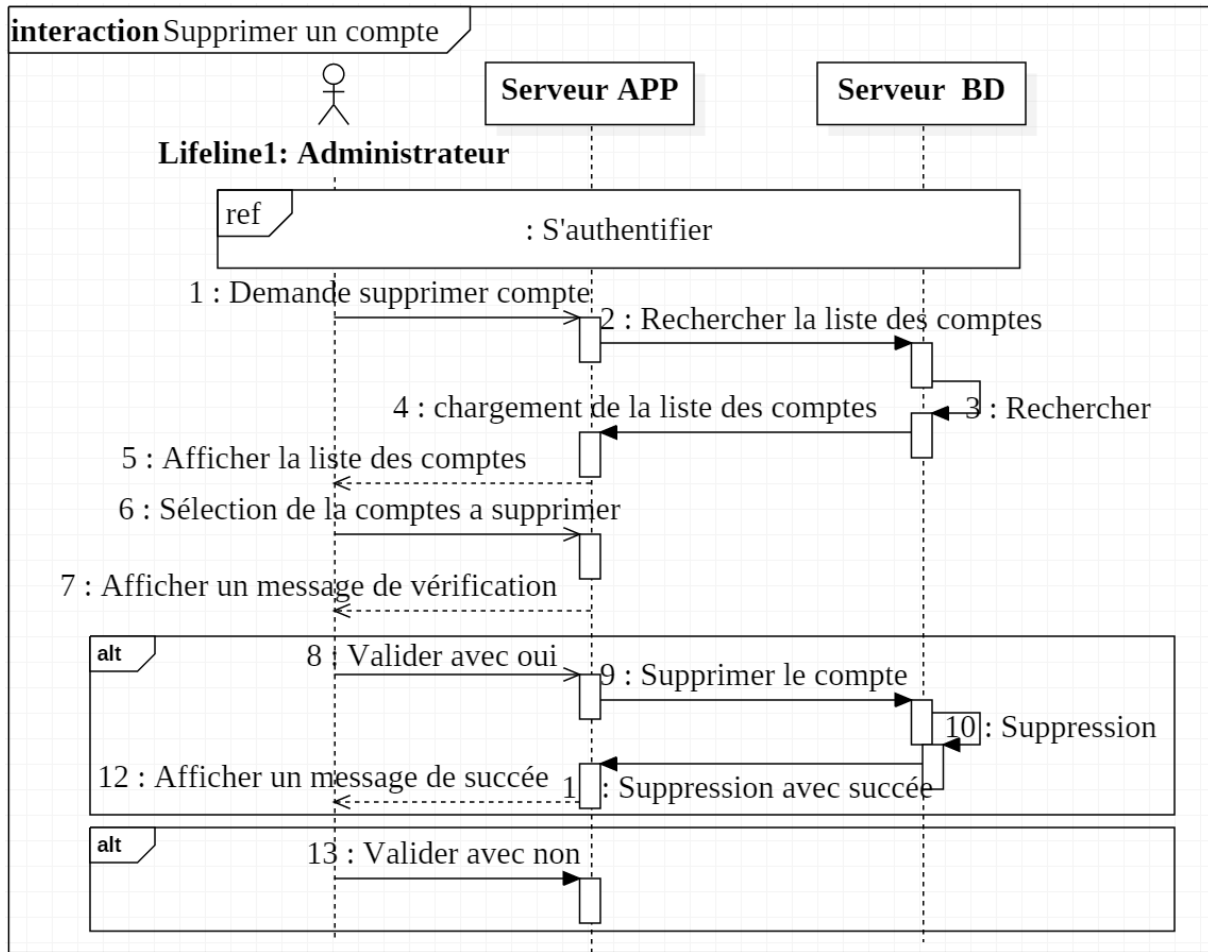


Figure 31: Diagramme de séquence "Supprimer un compte"

#### 4.3.2.4. Diagramme de séquence " Modifier un compte"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 32) représente le scénario de modifier un compte qui se résume dans les étapes suivantes :

1. L'administrateur demande la modification d'un compte.
2. Le serveur application demande la liste des comptes au serveur base de données
3. Une fonction de recherche se fait au niveau du serveur base de données.
4. Le serveur base de données retourne la liste des comptes
5. Le serveur application affiche la liste des comptes à l'administrateur.
6. L'administrateur sélectionne le compte à modifier.
7. L'administrateur ressaisit la donnée à modifier.
8. Si l'administrateur valide la modification avec oui.
9. Le serveur application envoi la nouvelle donnée à serveur base de données.
10. Au niveau de la base de données se fait l'enregistrement.
11. Sinon, le compte ne sera pas modifié.

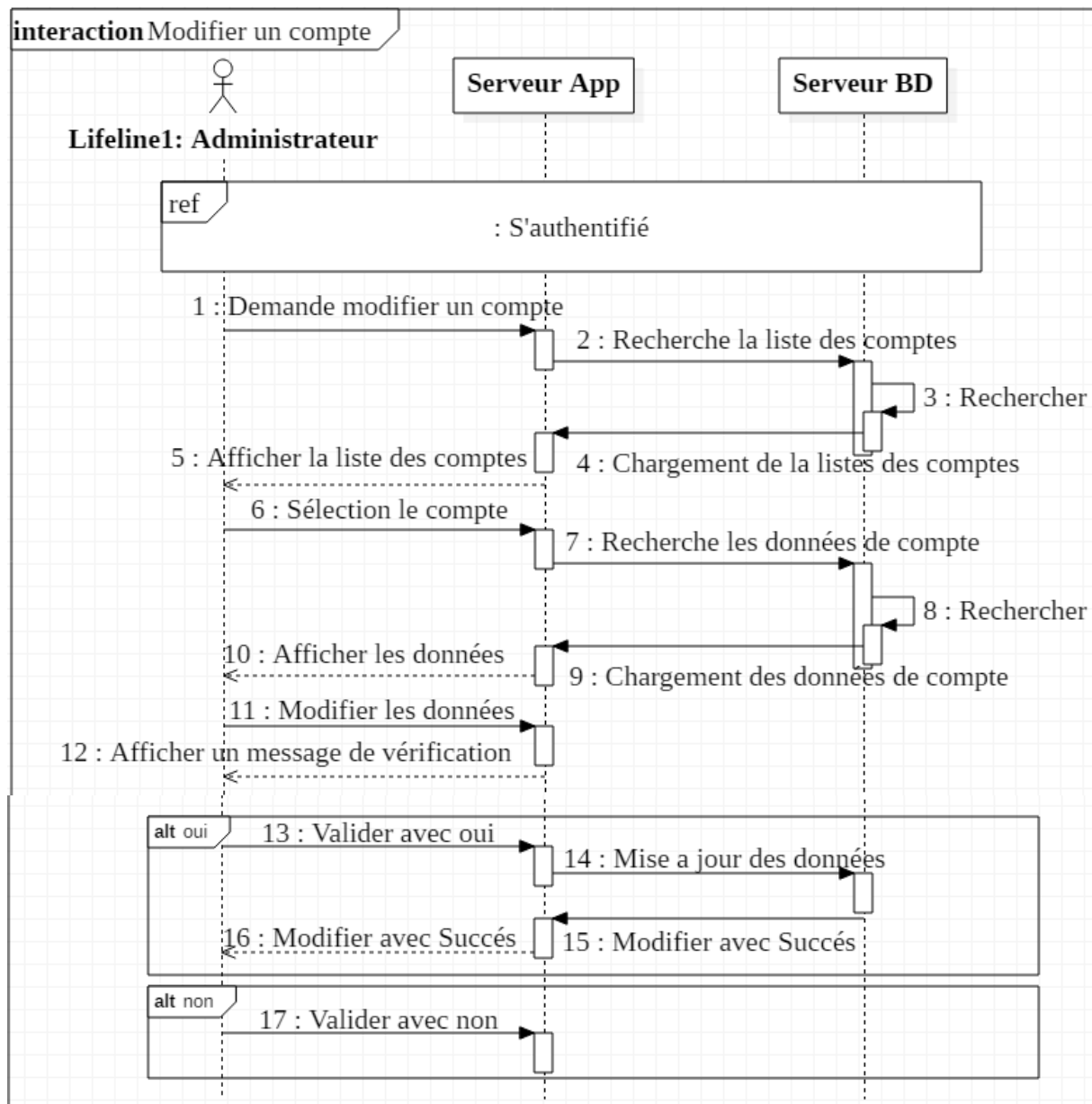


Figure 32: Diagramme de séquence " Modifier un compte"

#### 4.3.2.5. Diagramme de séquence " Demande la liste des experts en ligne"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 33) représente le scénario de demande la liste des experts en ligne qui se résume dans les étapes suivantes :

1. Le technicien demande la liste des experts en envoyant une requête au serveur application.
2. Le serveur application récupère les identifiants et les noms des experts en ligne.
3. Le serveur application renvoie la liste des experts en ligne au TechnicienEndpoint.
4. Le TechnicienEndpoint affiche la liste des experts.



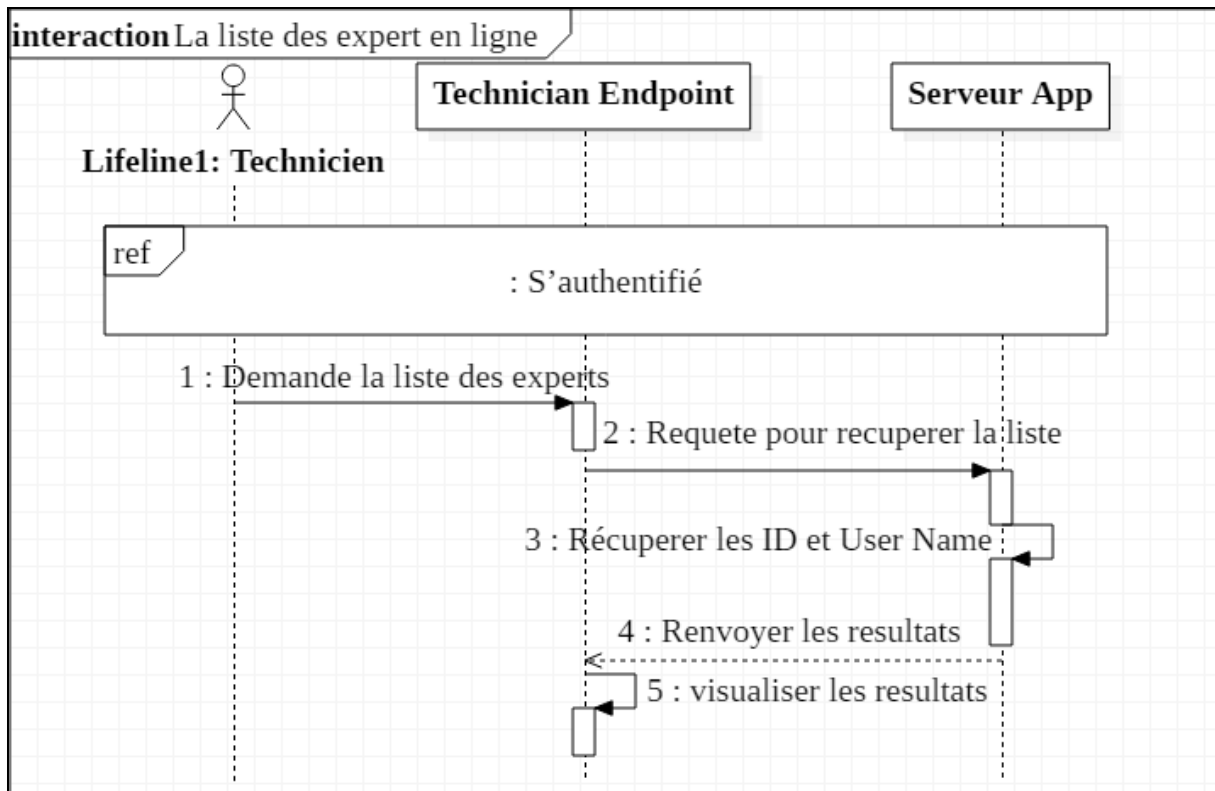


Figure 33: Diagramme de séquence "Demande la liste des experts en ligne"

#### 4.3.2.6. Diagramme de séquence "Demande l'aide d'un expert"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 34) représente le scénario de demande d'aide d'un expert qui se résume dans les étapes suivantes :

1. Le technicien sélectionne une caméra et TechnicienEndpoint crée canal de vidéo pour envoyer l'image à l'ExpertEndpoint.
2. Le technicien sélectionne un microphone et crée canal de l'audio pour envoyer le son à l'ExpertEndpoint.
3. L'expert sélectionne un baffle et crée canal de l'audio pour envoyer le son à TechnicienEndpoint.
4. Le TechnicienEndpoint crée le canal de chat pour envoyer message textuel à l'ExpertEndpoint
5. L'ExpertEndpoint crée le canal de chat pour envoyer message textuel au TechnicienEndpoint
6. Le TechnicienEndpoint crée le canal de RA pour envoyer des objets 3D à ExpertEndpoint
7. L'ExpertEndpoint crée le canal de RA pour envoyer objet 3D à le TechnicienEndpoint.

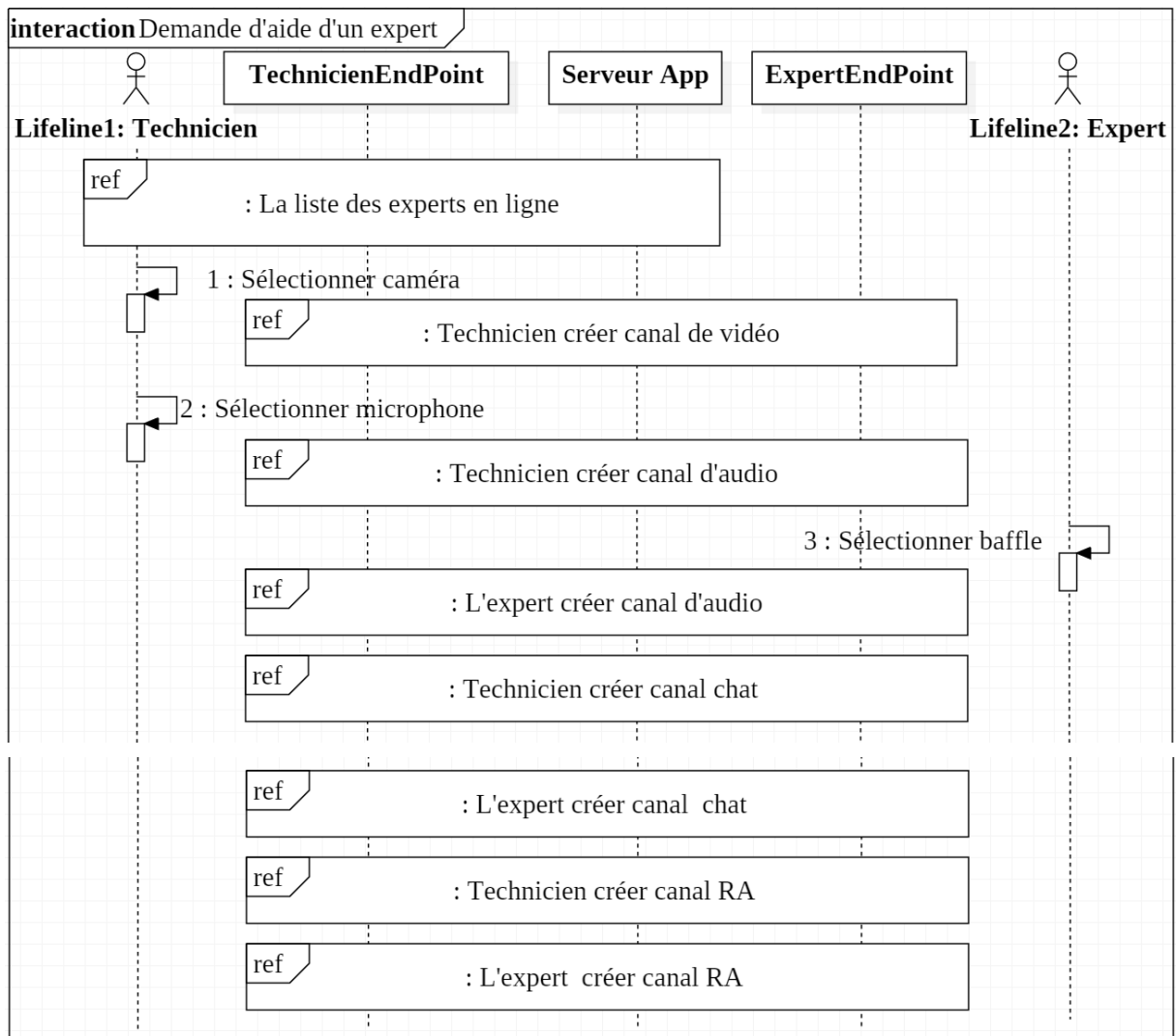


Figure 34: Diagramme de séquence "demander l'aide d'un expert"

#### 4.3.2.7. Diagramme de séquence "créer canal"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 35) représente le scénario de la création d'un canal qui se résume dans les étapes suivantes :

1. Le TechnicienEndpoint envoie une demande au serveur STUN1 et au serveur STUN2 pour récupérer son adresse et port public.
2. Le TechnicienEndpoint vérifie les deux valeurs retournées par STUN1 et STUN2.
3. Dans le cas où STUN1 et STUN2 retournent les mêmes valeurs à TechnicienEndpoint
  - 3.1. Le TechnicienEndpoint envoie au serveur d'application son adresse IP et son numéro de port public.
  - 3.2. Le serveur application envoie cette adresse et ce port à l'ExpertEndpoint.

4. Dans le cas où STUN1 et STUN2 retournent des différentes valeurs ou pas de réponses qui veut dire que soit le Nat symétrique ou le pare feu bloque l'UDP:

4.1. Le TechnicienEndpoint alloue un canal dans serveur TURN.

4.2. Le serveur TURN retourne id de canal à TechnicienEndpoint

4.3. Le TechnicienEndpoint envoie au serveur application l'adresse IP et numéro de port du TURN server et l'id de canal.

4.4. Le serveur d'application envoie l'adresse et le port du TURN et l'id de canal de à l'ExpertEndpoint.

4.5. L'ExpertEndpoint connecte au TURN.

4.6. Le serveur TURN accepte l'id de canal.

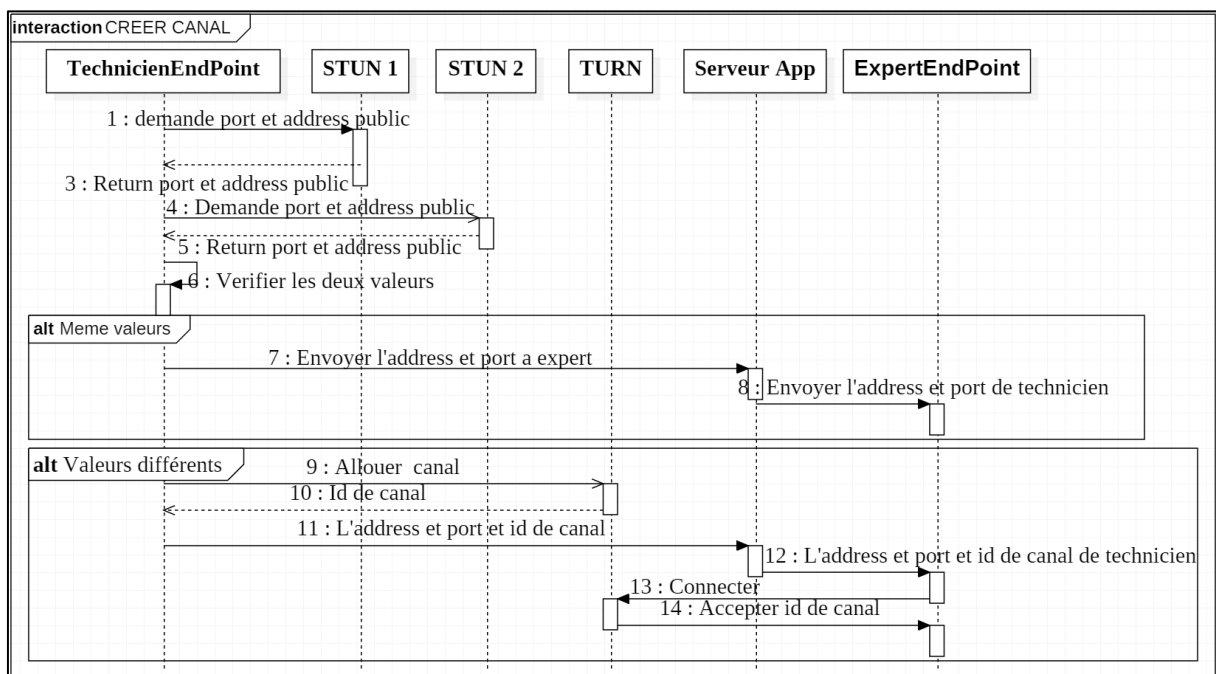


Figure 35: diagramme de séquence "créer canal"

### 4.3.2.8. Diagramme de séquence "créer canal de vidéo"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 36) représente le scénario de créer du canal de vidéo qui se résume dans les étapes suivantes :

1. Le TechnicienEndpoint et l'ExpertEndpoint doivent être ouvrir un canal de vidéo.
2. Le TechnicienEndpoint capture l'image et l'envoie à l'ExpertEndpoint.
3. L'ExpertEndpoint affiche l'image.
4. Le TechnicienEndpoint extrait les marqueurs et les envoie à l'ExpertEndpoint.

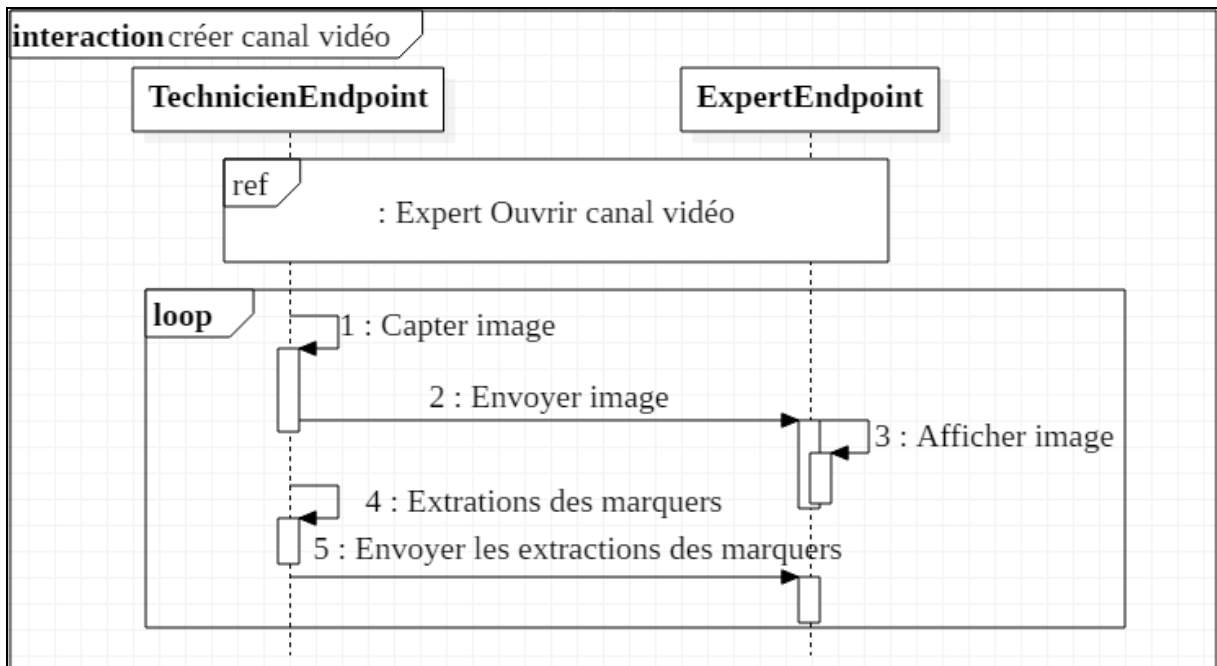


Figure 36: diagramme de séquence "créer canal de vidéo"

#### 4.3.2.9. Diagramme de séquence "créer canal d'audio"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 37) représente le scénario de créer canal d'audio qui se résume dans les étapes suivantes :

1. Le TechnicienEndpoint et l'ExpertEndpoint doivent avoir ouvert un canal d'audio.
2. Le technicien capte le son et l'envoie à l'ExpertEndpoint.
3. L'ExpertEndpoint joue le son.

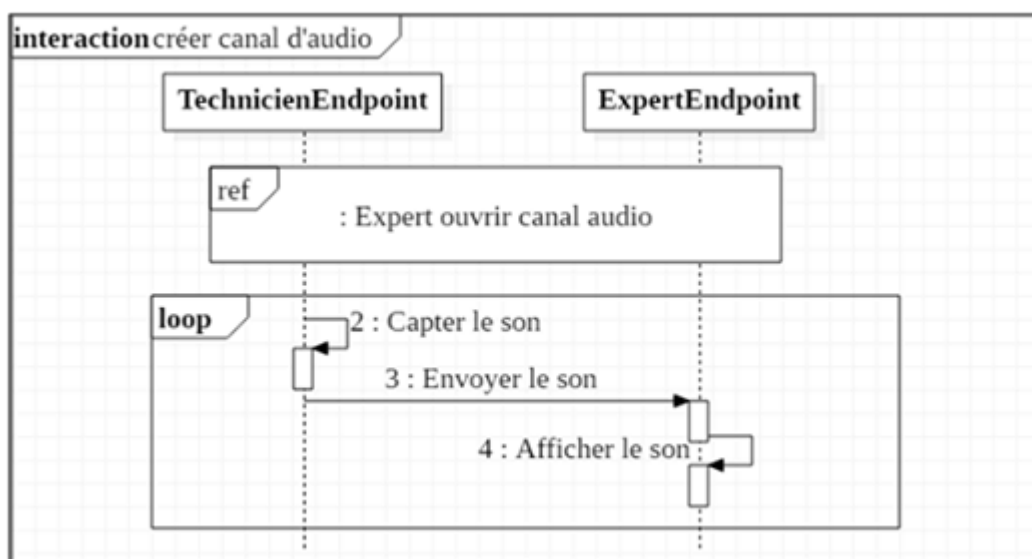


Figure 37: diagramme de séquence "créer canal d' audio"

### 4.3.2.10. Diagramme de séquence "créer canal de chat"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 38) représente le scénario de créer canal de chat qui se résume dans les étapes suivantes :

1. Le TechnicienEndPoint et l'ExpertEndpoint doivent avoir ouvert un canal de chat.
2. Le technicien saisit le texte et l'envoie à l'ExpertEndpoint.
3. L'ExpertEndpoint affiche le texte.

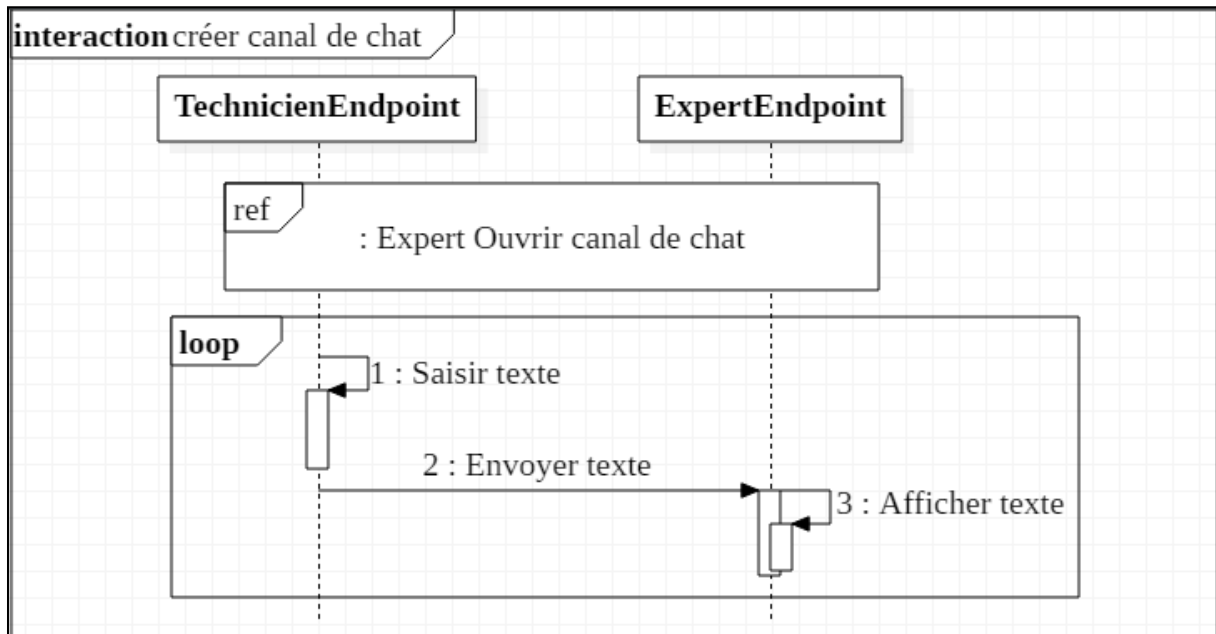


Figure 38: diagramme de séquence "créer canal de chat"

### 4.3.2.11. Diagramme de séquence "créer canal de RA"

Ce diagramme de séquence (voir Figure 39) représente le scénario de créer le canal de RA qui se résume dans les étapes suivantes :

1. L'ExpertEndpoint crée un canal vidéo et un canal RA.
2. Le TechnicienEndPoint capte image de la machine en panne et l'envoie à l'ExpertEndpoint.
3. Le TechnicienEndPoint extrait les repères des marqueurs des images de la vidéo et envoie ces repères des marqueurs à l'ExpertEndpoint via le canal créé.
4. Le TechnicienEndPoint crée canal de RA.
5. L'expert ajoute des objets 3Ds à image pour guider le technicien.
6. L'ExpertEndpoint envoie l'objet 3D à TechnicienEndPoint via le canal créé.
7. Le TechnicienEndPoint affiche objet 3D sur la vidéo captée en temps real.

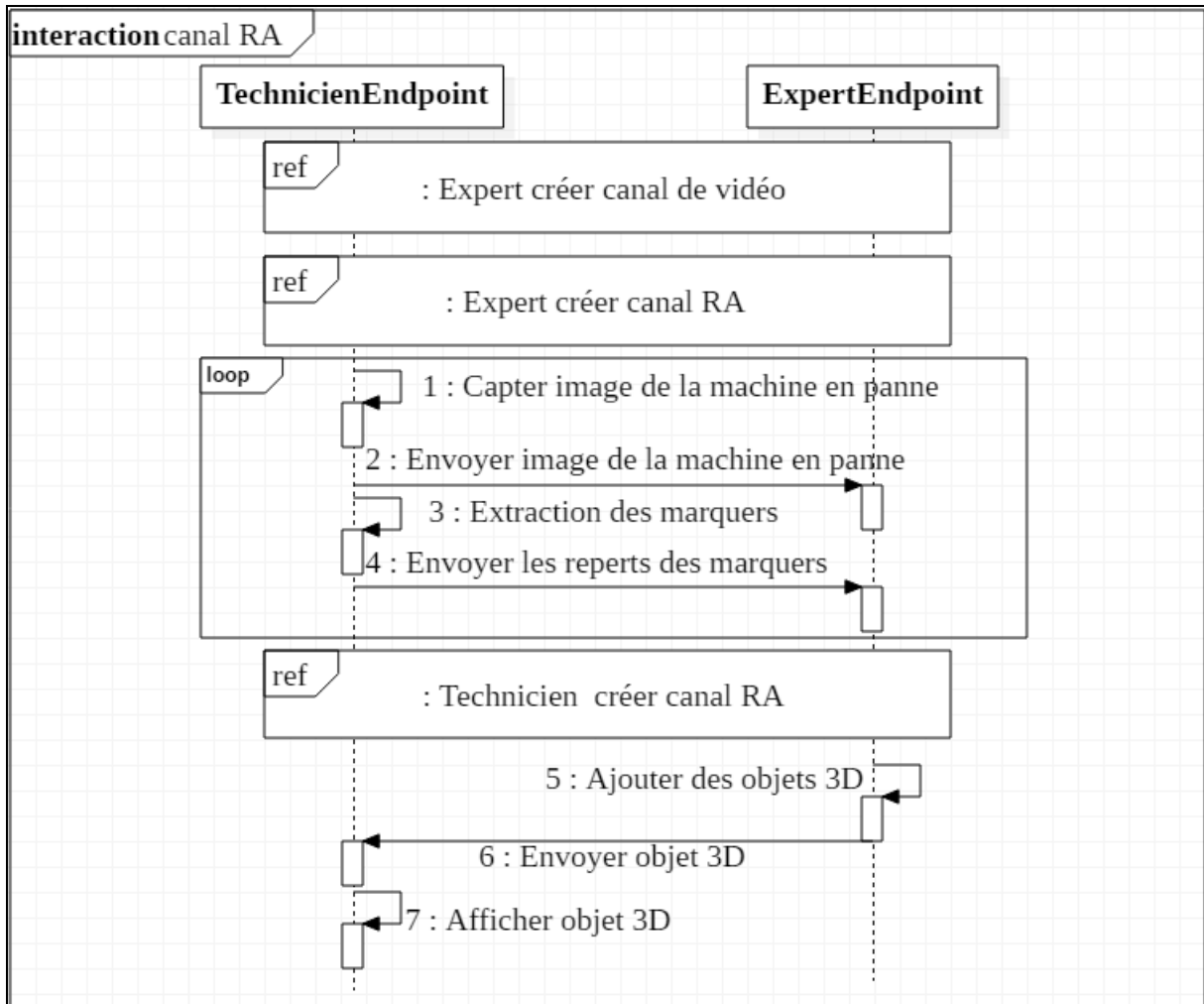


Figure 39: diagramme de séquence de "créer canal de RA"

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la conception d'un système téléassistance pour la maintenance. Notre système se base sur le principe de la réalité augmentée afin d'aider d'une part les techniciens à effectuer leurs scénarios de réparation et, d'autre part, les experts pour générer les procédures de maintenance via la réalité augmentée nécessaires pour les techniciens.

Nous avons présenté les éléments essentiels de l'architecture de notre système et décrit leurs fonctionnements en utilisant les diagrammes de l'UML. Nous avons aussi identifié les utilisateurs, lors de la phase élaboration, nous avons établi les diagrammes des cas d'utilisation ainsi que les diagrammes de séquence qui décrivent le comportement du système proposé.

## **CHAPITRE 4 : Conception du système**

---

Dans le chapitre suivant nous présenterons la partie réalisation que nous avons fait pour le bon fonctionnement de notre système de téléassistance,

# Chapitre 5

## Réalisation du Système

### 5.1. Introduction

Après avoir achevé l'étape de conception de l'application, dans ce chapitre nous allons essayer de projeter la lumière sur les grandes étapes de la réalisation de notre application, commençant par le choix des outils matériels et logiciels qui sont mis en œuvre jusqu'à la réalisation du système final. Les résultats sont présentés sous forme d'interfaces graphiques à travers des exemples.

### 5.2. Environnement et outils de développement

Pour la réalisation et le test de notre solution, deux parties essentielles doivent être prises en considération:

#### 5.2.1. Partie matérielle

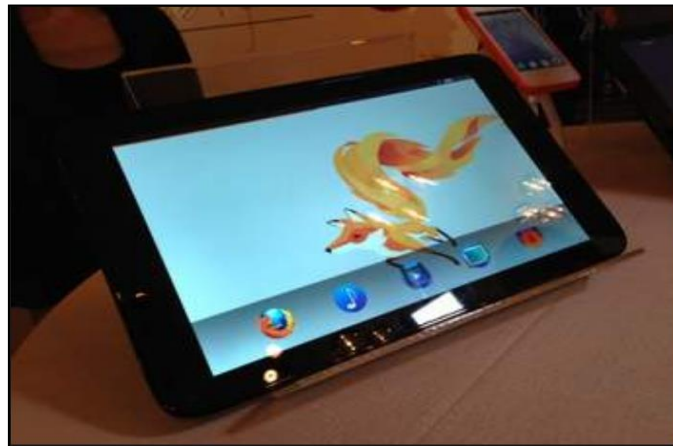
Elle est constituée d'un ensemble de ressources destinées à la mise en marche de notre application. Il s'agit de:

- Deux serveurs dédiés pour l'authentification et la signalisation.
- Un PC (fixe ou portable) ayant Windows comme système d'exploitation (voir Figure 40).
- Une tablette ayant Windows comme système d'exploitation, ou bien un pc portable avec une WebCam, ou des lunettes supportant la technologie de la réalité augmentée (voir Figure 41).
- Un ensemble des marqueurs (voir Figure 42).



**Figure 40: Un ordinateurs**





**Figure 41: Une tablette**



**Figure 42: Un marqueur ARTOOLKIT**

## **5.2.2. Partie logicielle**

Elle est constituée d'un ensemble d'outils logiciels permettant le développement et la mise en marche de notre système. Pour la réalisation de notre système, nous avons utilisée:

### **5.2.2.1. Langage de programmation c# [44]**

C# est un programmation orientée, fortement, dérivé de Cet de C++, ressemblant au langage Java. Il est utilisé pour développer des applications web, ainsi que des applications de bureau, des services web, des commandes, des widgetsou des bibliothèques de classes. En C#, une application est un ensemble de classes où une des classes comporte une méthode Main, comme cela se fait en Java.

### **5.2.2.2. Visual Studio 2015[45]**

Visual Studio est un environnement de développement intégré (IDE). La partie "intégrée" d'IDE signifie que Visual Studio contient des fonctionnalités qui complètent chaque aspect du développement logiciel.

### **5.2.2.3. Utilitaire graphique (Direct3D) [46]:**

Direct3D est une interface de programme d'application (API) développée par Microsoft qui fournit un ensemble de commandes et de fonctions pour manipuler des objets 3D. En utilisant les commandes Direct3D, les développeurs de logiciels peuvent profiter de nombreuses fonctions pré-écrites. Cela permet aux programmeurs d'écrire beaucoup moins de code que s'ils devaient écrire toutes les fonctions à partir de zéro. Direct3D facilite la gestion d'objets tridimensionnels, y compris l'éclairage et les ombres.

### **5.2.2.4. JSON Framework for .NET [47]**

Le package Newtonsoft.Json est devenu le standard de facto pour utiliser et manipuler du texte et des objets au format JSON dans .NET. C'est un outil robuste, rapide et facile à utiliser. JSON est un format d'échange de données léger, il est facile pour les humains de lire et d'écrire, il est facile pour les machines d'analyser et de générer.

### **5.2.2.5. Lumisoft media for c# [48]**

C'est une bibliothèque qui fournit un moyen simple de recevoir de l'audio à partir d'un microphone et de lire l'audio a dans haut-parleur.

### **5.2.2.6. Krypton Toolkit [49]**

Krypton Toolkit comprend des palettes et des modèles qu'ils prouvent être utilisé pour styliser les interfaces utilisateur des applications. Krypton Toolkit comprend une documentation complète intégrée dans le système d'aide de Visual Studio, le code source de tous les exemples et, lors de la création d'un nouveau projet, il est possible de sélectionner l'un des modèles Krypton Toolkit afin de commencer avec toutes les références correctes.

### **5.2.2.7. NyARToolkit [50]**

Le projet NyARToolkit développe une bibliothèque de réalité augmentée basée sur la vision basée sur ARToolKit. Les principaux produits sont des bibliothèques compatibles ARToolKit qui s'exécutent dans un environnement géré, tel que Java / C#. De plus, les environnements de développement d'Unity (est un moteur de jeu multiplateforme) ou Processing (Logiciel de création multimédia) sont publiés.

### **5.2.2.8. SGBD [51]**

Un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) est un logiciel qui prend en charge la structuration, le stockage, la mise à jour et la maintenance d'une base de données. Il est l'unique interface entre les informaticiens et les données (définition des schémas, programmation des applications), ainsi qu'entre les utilisateurs et les données (consultation et mise à jour). Nous allons utiliser le MySQL comme SGBD dans notre application.

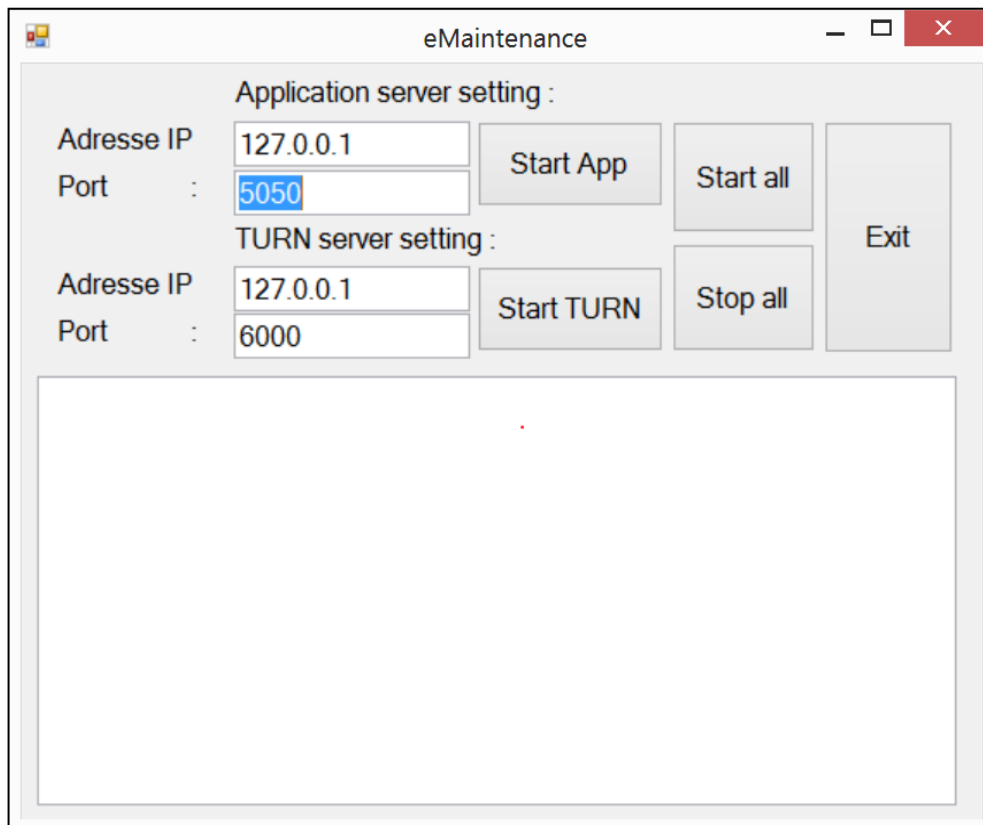
### **5.2.3. Composant du notre system**

Dans la réalisation de notre système nous avons utilisé des applications pour implémenter notre travail ces application sont: server application, application de l'administration, application du technicien et application du l'expert.

#### **5.2.3.1. Serveur application**

Le serveur application recevoir les requêtes de login des utilisateurs, il contacte le serveur de base de données pour la vérification. Si un utilisateur est connecté, le serveur crée un modèle Client pour lui donner la possibilité d'échanger ou demander plusieurs informations comme la liste des experts en ligne, déconnecter, etc. Le serveur e-maintenance APP offre à l'administrateur de système plusieurs méthodes comme la création de nouveau utilisateur la modification, la suppression.

Il contient une liste pour les techniciens et les experts qui sont en ligne, pour puisse informer ou envoyer ces listes s'il reçoit une demande de liste en ligne. En plus, il vérifie la disponibilité des utilisateurs et si la liaison est interrompue ou bien l'utilisateur est déconnecté, il supprime cet utilisateur de la liste en ligne. Il est configuré par son adresse IP et port, et aussi l'adresse IP et le port du serveur TURN. ( voir Figure 43).



**Figure 43:Serveur Application**

### **5.2.3.2. Application de l'administration**

L'administrateur gère le système. C'est-à-dire, Il peut démarrer le serveur ou actualiser le serveur, comme il peut consulter, ajouter, modifier, supprimer des utilisateurs donc l'application de l'administration se compose de: interface d'authentification, Interface d'administration.

#### **A. Interface d'authentification**

L'administrateur doit s'authentifier, en introduisant le nom d'utilisateur et le mot de passe, avant qu'il puisse utiliser l'application (voir Figure 44).

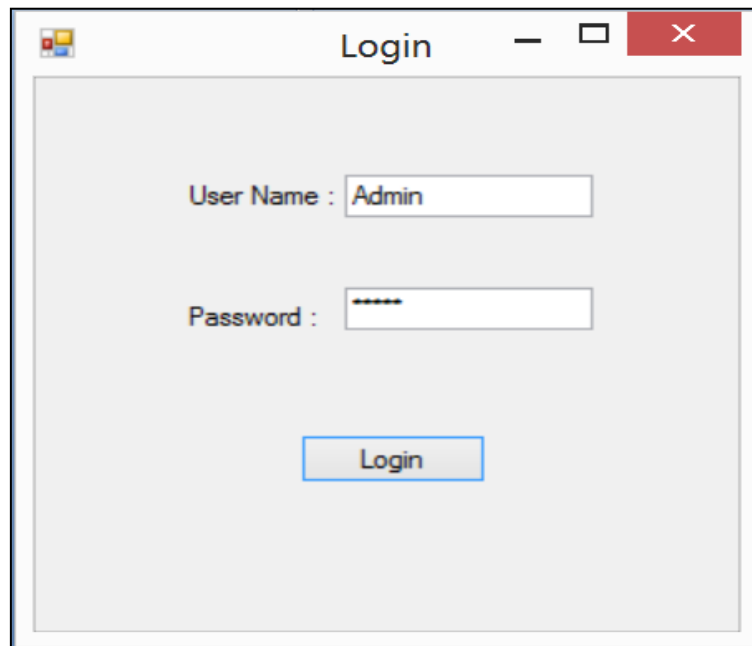


Figure 44: Authentification de l'administrateur.

## B. Interface d'administration

L'administrateur peut créer ou modifier ou supprimer un compte utilisateur (technicien ou expert) ou équipement ou type équipement en remplissant les champs qui sont visualisés sur l'interface et ensuite en appuyant sur enregistrer (cas de Nouveau) ou Ok (cas de la mise à jour d'un équipement) (voir Figure 45).

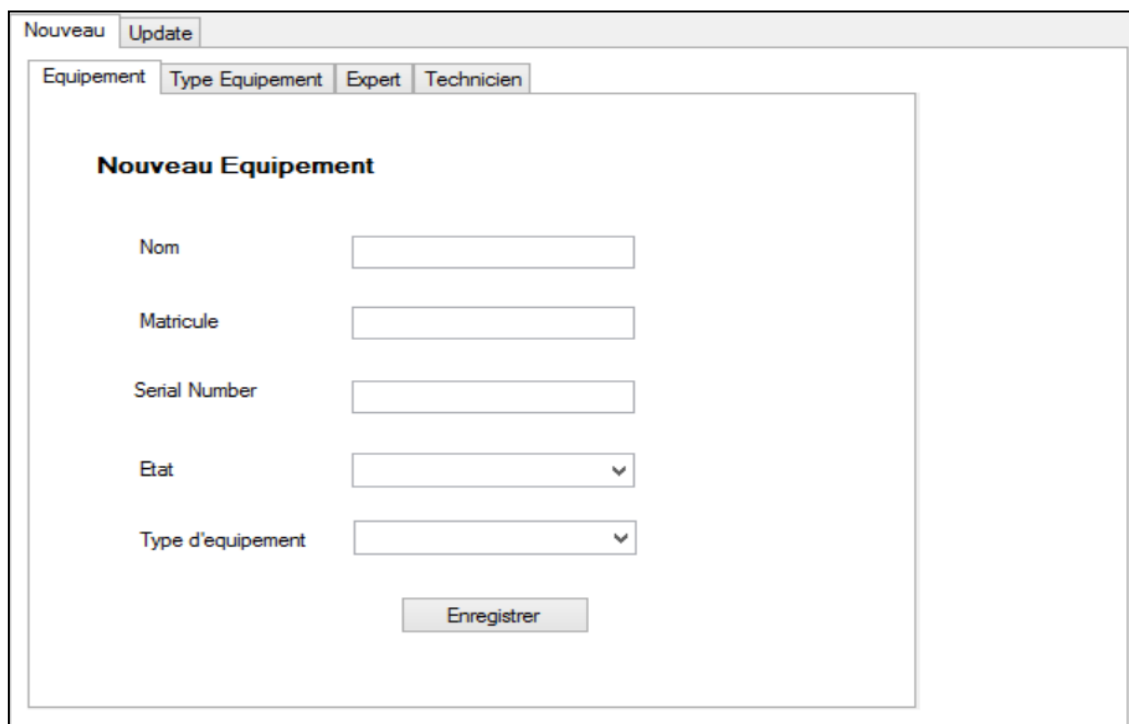


Figure 45: Gérer les utilisateurs

### 5.2.3.3. Application du technicien

Application de technicien (voir Figure 46) se compose des parties suivant : Interface d'authentification, Interface pour liste les experts en ligne, Interface pour choisir le type d'appel.

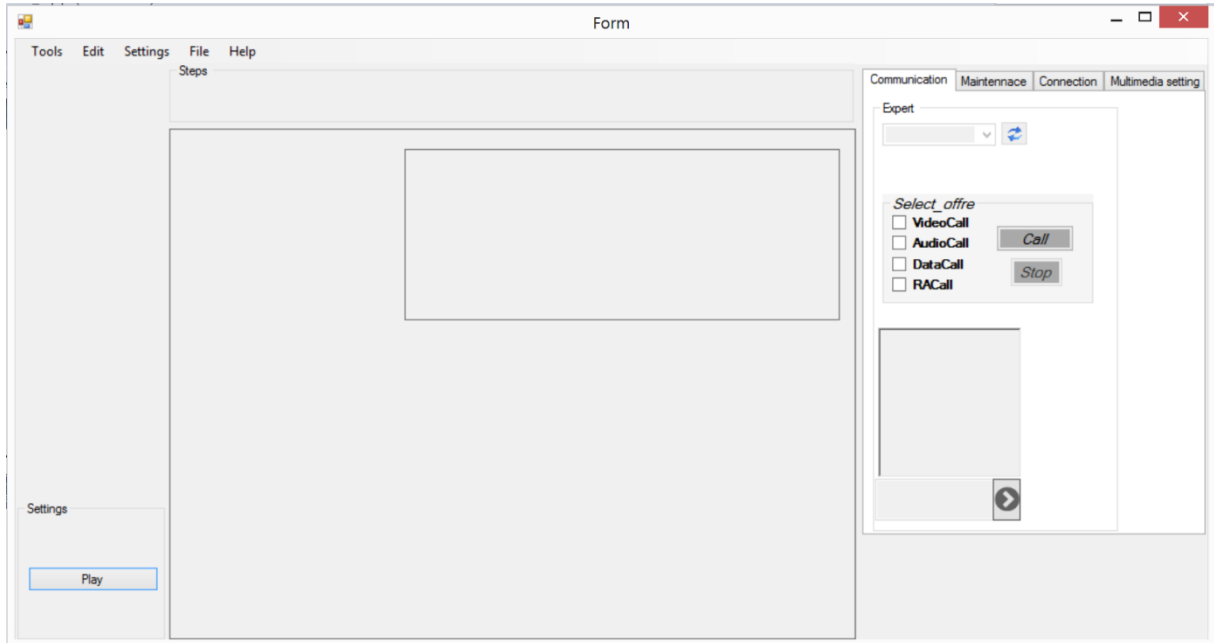


Figure 46: Interface de l'application du technicien

#### A. Interface d'authentification

Dans l'interface d'authentification le technicien saisie le nom d'utilisation, mot de passe, adresse et port de serveur application ensuite clique sur le butons Connecter pour connecter (voir Figure 47).



Figure 47: Interface d'authentification

## B. Interface pour la liste des experts en ligne

Quand un technicien veut voir quelles sont les experts en ligne, il peut contacter le serveur application pour récupérer la liste des experts en ligne. Ensuite, il peut consulter la liste (voir Figure 48).

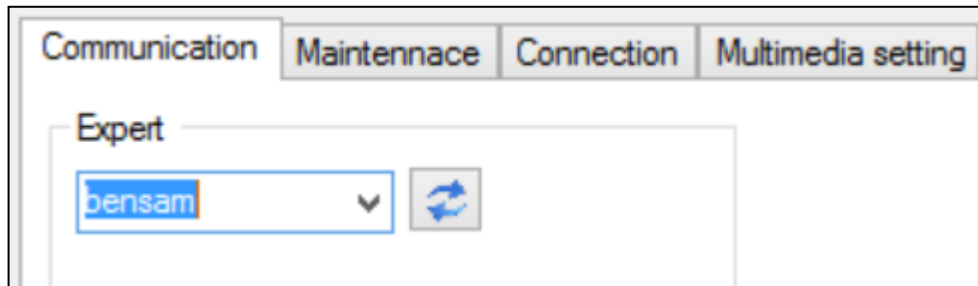


Figure 48: liste des experts en ligne

## C. Interface pour choisir le type d'appel

Quand le technicien a besoin de l'aide, il peut contacter un expert parmi ceux en ligne, en envoyant un appel selon son choix (vidéo, audio, chat, RA) (voir Figure 49). D'autre part, le technicien reçoit également un appel du l'expert selon son choix (voir Figure 50).

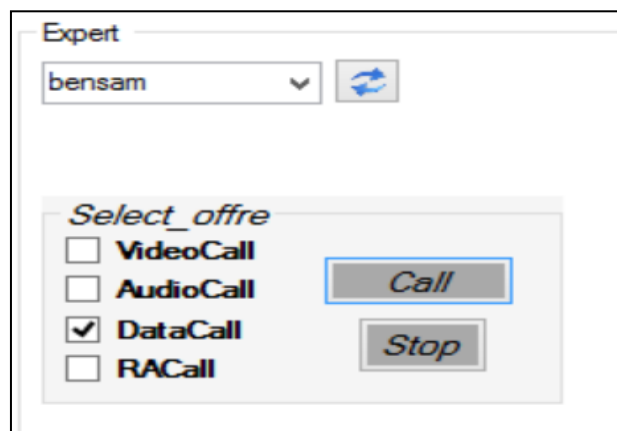


Figure 49: choisir type d'appel

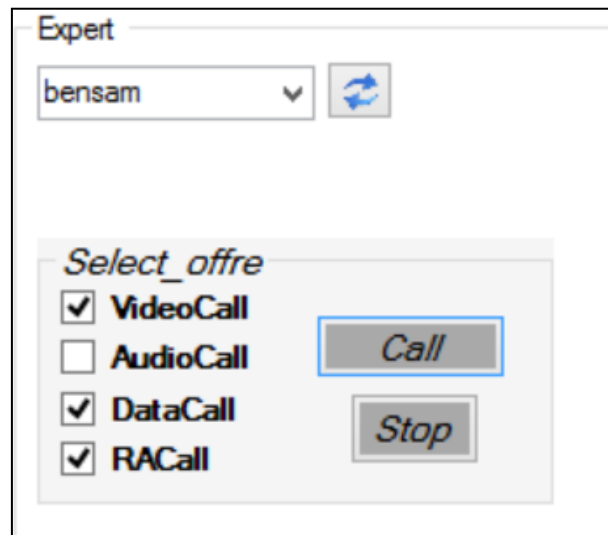


Figure 50: type d'appel reçu

#### 5.2.3.4. Application du l'expert

L'application d'expert (voir Figure 51) contient plusieurs parties qui sont démontré comme se suite: l'authentification, choisir type d'appel et Interface d'insertion des objets 3D.

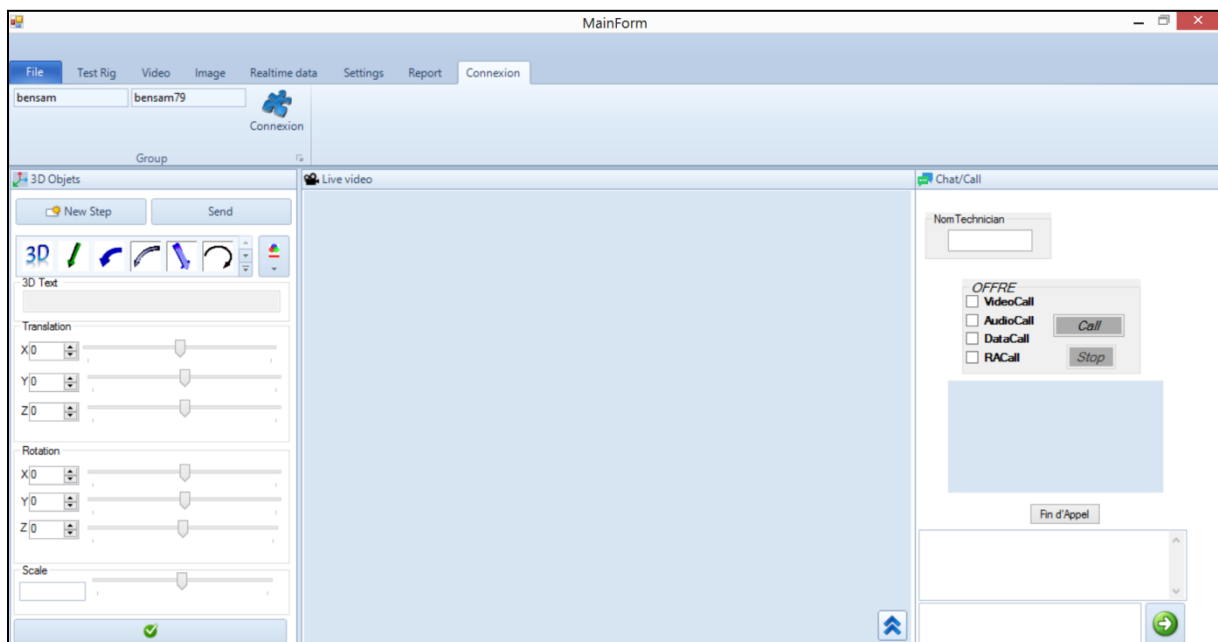


Figure 51: Interface de l'application du l'expert



## A. Interface d'authentification

L'expert utilise l'interface d'authentification pour connecter au serveur application, il saisit le nom d'utilisation et mot de passe ensuite clique sur le boutons Connexion pour connecter (voir Figure 52).

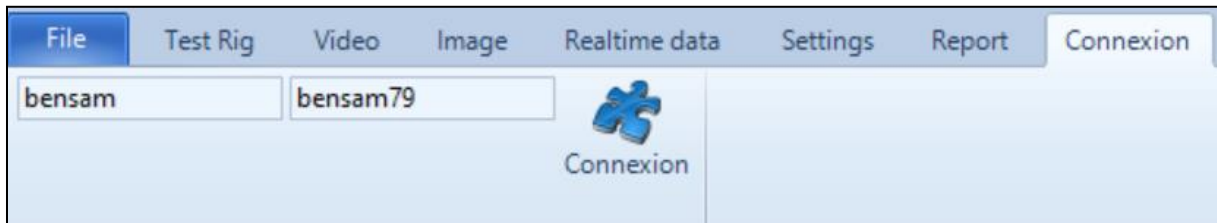


Figure 52: L'interface de l'authentification de l'expert

## B. Choisir type d'appel

Si l'expert reçoit l'appel de technicien (voir Figure 53), il peut accepter cette appel comme il peut le refuser ou modifier ses paramètres ensuite il envoie son choix au technicien (voir Figure 54).



Figure 53: type d'appel reçu

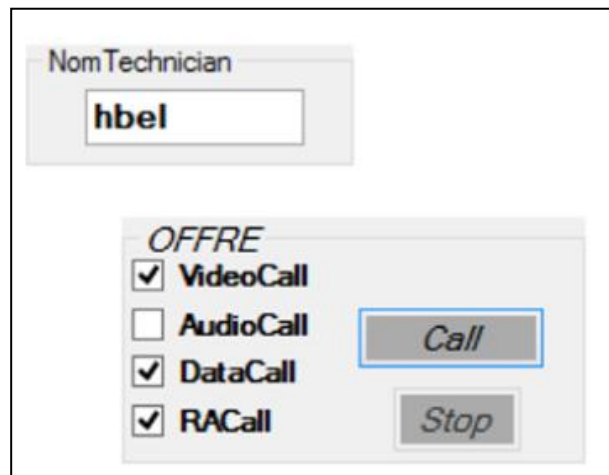


Figure 54: Choisir type d'appel

### C. Interface d'insertion des objets 3D.

L'expert a la possibilité de manipuler avec des objets 3D à partir d'une palette de création des procédures de maintenance, il clique sur le bouton « New step » pour initialiser une nouvelle procédure de maintenance augmentée, ensuite, il sélectionne un objet à partir de la liste, il met l'objet dans l'image, après il peut modifier sa position en modifiant les valeurs de x, y et z ou bien sa rotation (dans la palette), quand l'expert finit la procédure, il valide la création pour pouvoir ensuite envoyer la procédure au technicien (voir Figure 55) pour la visualiser.

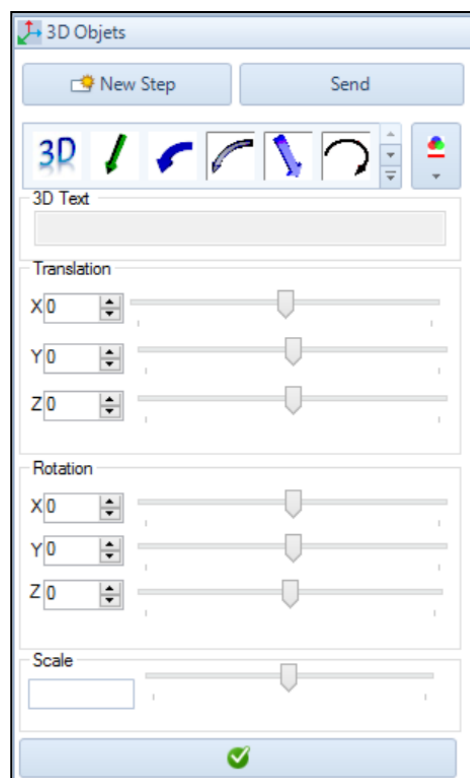


Figure 55: Palette de création d'une procédure de maintenance augmentée

## 5.2.4 Test et résultat

Pour bien expliquer l'utilité, plus les divers usages de notre application, nous allons faire un scénario entre un technicien et un expert dans la réalisation d'une panne apparue, nous avons utilisé deux types de communications: communication textuel, communication par image.

### 5.2.4.1. Exemple de communication textuel

Le technicien peut faire une communication textuelle pour expliquer le problème de panne à l'expert. Quand un technicien envoie un message (voir Figure 56), l'expert reçoit ce message dans son application (voir Figure 57).

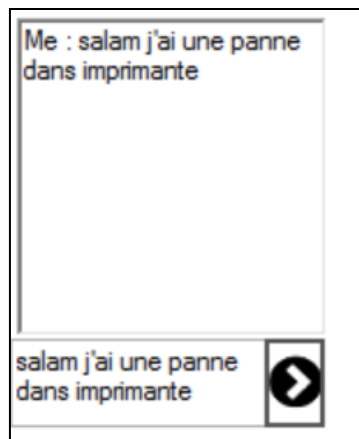


Figure 56:Message envoyer par technicien

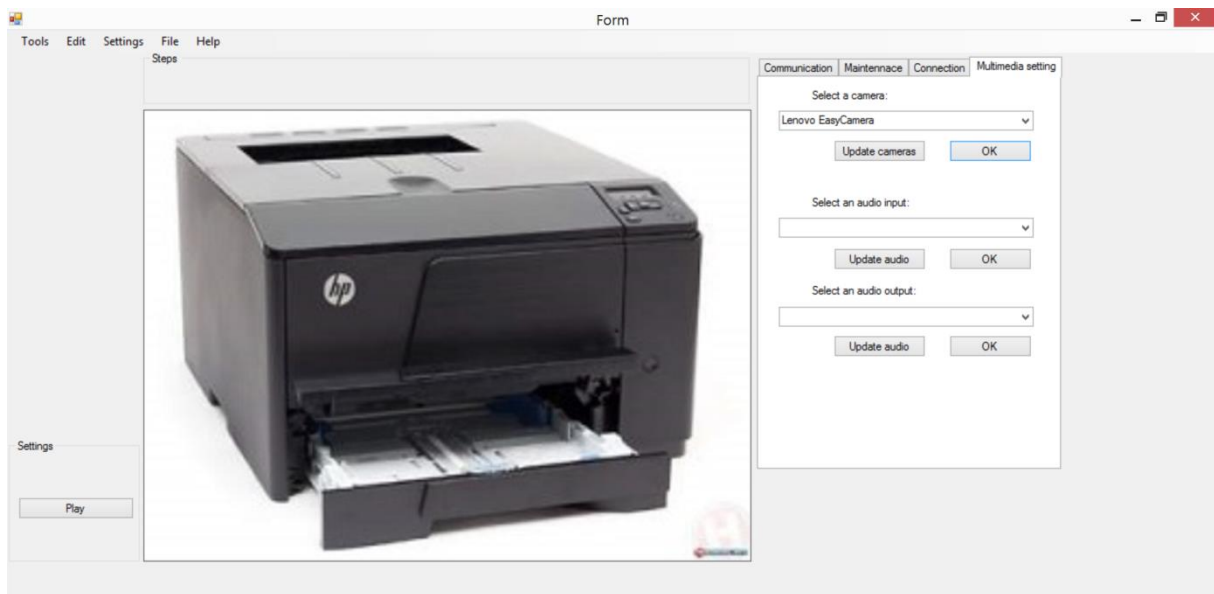


Figure 57: Message reçu par l'expert

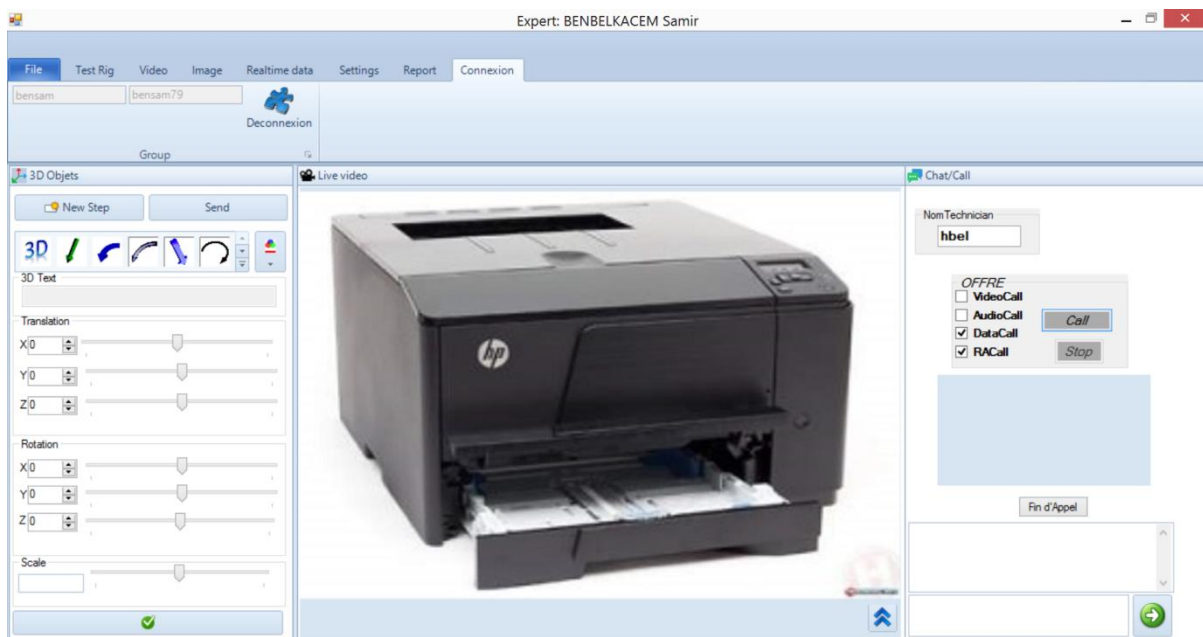
### 5.2.4.2. Exemple de communication par image

Si une machine de technicien est tombée en panne, le technicien n'arrive pas à résoudre le problème, il a cherché un expert en ligne, l'expert a accepté l'appelle. Le technicien envoie l'image de la machine en panne à l'expert. ( voir Figure 58) pour résoudre le problème.

L'expert reçoit l'image de la machine en panne d'après le technicien (voir Figure 59), et essaye de l'assister avec la transmission des objets 3D de la réalité augmentée.



**Figure 58: image envoyer par technicien**



**Figure 59: image reçu dans l'expert**

## Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les éléments nécessaires pour la réalisation d'un système de collaboration pour une application de réalité augmentée.

Il présente les interfaces principales du système et leur fonctionnement, ensuite la partie validation et expérimentation pour faire connaître l'utilité offerte par ce système dans la maintenance.

## Conclusion Générale

L'état de l'art sur la réalité augmentée et la maintenance industrielle a expliqué la possibilité de bénéficier de la technologie de la réalité augmentée dans le domaine industriel, par la proposition des prototypes des applications de téléassistance dans la maintenance industrielle, ces prototypes facilitent les tâches de maintenance et améliorent la performance de production.

L'étude de streaming dans les réseaux IP nous a permis de comprendre le fonctionnement des protocoles de la voix IP (VoIP), comme les protocoles de transfert de données RTP, RTCP et RTSP et protocole de signalisation SIP. Par la suite nous avons détaillé le protocole Nat et son fonctionnement et ses différents types et nous avons fait une étude sur le cloud computing.

Dans notre travail de recherche, nous avons proposé une architecture pour une application temps réel, cette application permet une communication audio, visuel, et textuelle, plus il utilise la technologie de la réalité augmentée, cette architecture permet à l'ensemble des techniciens et des experts de connecter à un serveur qui s'appelle serveur application pour faire des liaisons entre tous les utilisateurs, plus elle permet l'établissement des appels entre les techniciens et les experts pour la réalisation des tâches de maintenance. Cette application utilise le serveur TURN, ce protocole est utilisé face au problème de la traversée du NAT posé par le NAT symétrique et pare-feu qui bloquent l'utilisation d'UDP.

Pour implémenter notre plateforme nous avons proposé une architecture générale du système qui montre comment localiser l'expert pour le contacter et elle établit une communication entre deux utilisateurs (création d'une session multimédia) pour échanger et transférer les données (flux multimédia). De plus, elle présente les serveurs qu'on devra utiliser pour échanger les données et gérer les sessions établies. Nous avons utilisé l'UML pour modéliser les différents scénarios qui seront par la suite utilisés dans la phase d'implémentation.

D'après la partie réalisation, nous avons montré les tâches qu'on a pu effectuer pour nous permettre d'évaluer le fonctionnement de notre système. Dans la partie expérimentation, nous avons présenté les divers usages offerts par ce prototype et ces avantages d'utilisation, comme la diminution de coût, des erreurs, plus la possibilité d'accorder des formations

---

# Vision Perspective

Pour l'amélioration du fonctionnement de notre application, nous allons proposer un ensemble des tâches à réaliser :

1. Pour pouvoir fonctionner le système dans le réseau WAN (internet) on propose soit de :

- Utilisation de la technique de port forwarding en utilisons la bibliothèque open. Nat du `c#`, cette technique peut communiquer au routeur et ouvrir des ports publics pour pouvoir passer par la NAT. Cette technique est utilisée dans les jeux en ligne qui nécessitent d'ouvrir plusieurs ports dans le routeur comme dans les jeux de XBOX ou de PlayStation.

2. Pour le contrôle de flux de données on propose de développer une version du protocole RTCP.

3. Redéfinition du schéma de la base de données, et faire une étude sur le système pour pouvoir extraire les messages et les données à enregistrer comme par exemple (i) l'enregistrement des messages textuels. (ii) l'enregistrement des procédures de réalité augmentée en reliant chaque procédure avec sa panne spécifique, etc.

4. L'utilisation de la compression MPEG dans la transmission du flux de vidéo pour diminuer les données transférées et gagner plus de bande passante.

- La plupart de ces tâches sont hors notre thème de recherche.
- Manque des ressources disponibles ou la complexité de développement comme le protocole RTCP et la compression MPEG.
- Le délai de réalisation du projet n'est pas suffisant pour terminer plusieurs fonctionnalités, (i)communication audio et vidéo, (ii) exploiter le cloud de CDTA, (iii) amélioration des interfaces principales.

---

# Bibliographies

- [1]. Caudell, T. P. & Mizell, D. W., 1992. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. s.l., s.n., pp. 659-669.
- [2]. Milgram, P. & Kishino, F., 1994. A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, Volume 77, pp. 1321-1329.
- [3]. Azuma, R. T. & others, 1997. A survey of augmented reality. Presence, Volume 6, pp. 355-385.
- [4]. Van Krevelen, D. W. F. & Poelman, R., 2010. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. International Journal of Virtual Reality, Volume 9, p. 1.
- [5]. Nee, A. Y. C., Ong, S. K., Chryssolouris, G. & Mourtzis, D., 2012. Augmented reality applications in design and manufacturing. CIRP Annals-manufacturing technology, Volume 61, pp. 657-679.
- [6]. Cieutat, J.-M., 2013. Quelques applications de la réalité augmentée: Nouveaux modes de traitement de l'information et de la communication. Effets sur la perception, la cognition et l'action, s.l.: s.n.
- [7]. <https://www.realite-virtuelle.com/definition-realite-augmentee/>.
- [8]. <https://www.artefacto-ar.com/realite-augmentee/?fbclid=IwAR3w1zSe4iZndnuWL7lXNXAqJJ0k3HOuTuFxGnW1DPC4-2oNXor8NFpQZOo>.
- [9]. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01713362v2/document>.
- [10]. Lowe, 1999 : Object recognition from local scale-invariant features. s.l., s.n., pp. 1150-1157.
- [11]. Comport, et al. 2006 : Real-time markerless tracking for augmented reality: the virtual visual servoing framework. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, Volume 12, pp. 615-628.
- [12]. [https://www.realite-virtuelle.com/case-western-hololens-1512/?fbclid=IwAR31fTHrdibpw6pjP\\_vnz-JgZqSvJLui\\_excjtuwamS1gIJw2ySz\\_gmf5sA](https://www.realite-virtuelle.com/case-western-hololens-1512/?fbclid=IwAR31fTHrdibpw6pjP_vnz-JgZqSvJLui_excjtuwamS1gIJw2ySz_gmf5sA).

- 
- [13]. D. Sims. New realities in aircraft design and manufacture. IEEE Computer Graphics and Applications, 14 (2): 91, 1994.
- [14]. E. Urban. The information warrior. IEEE Spectrum, 32 (11): 66-70, 1995.
- [15]. P. Milgram and S. Zhai. Applications of augmented reality for human-robot communications. Proceedings of 1993 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1467-1476, 1993.
- [16]. W. S. Kim and P. Schenker. An advanced operator interface.
- [17]. <https://flexthings.fr/blog/realite-augmentee-industrielle-avantages/?fbclid=IwAR1ggIGN8EdW7ukUTKx7fmErYJXvb0yOUNfZrAsyLZWqD4Z1MEVPOadowoo>.
- [18]. <https://gblogs.cisco.com/fr/manufacturing/realite-augmentee-maintenance-predictive-avec-vinci-energies/?fbclid=IwAR3NNTnA8jPcvcQeKjqfFRHxkOPTdyJFZXOYUtokq3qFRzhIltACki-iBc0>.
- [19]. [https://www.penserchanger.com/le-cone-d-apprentissage-d-edgar-dale/?fbclid=IwAR0cDZhHLtVRMpjuFgl0ZR0PZJFSLXzJxpxz6yyQR\\_BRiUTBo9uCOVbtG-4](https://www.penserchanger.com/le-cone-d-apprentissage-d-edgar-dale/?fbclid=IwAR0cDZhHLtVRMpjuFgl0ZR0PZJFSLXzJxpxz6yyQR_BRiUTBo9uCOVbtG-4).
- [20]. [https://flexthings.fr/blog/formation-en-realite-augmentee-avantages-industrie/?fbclid=IwAR2vE5GVL4T8DWQskheccP\\_T0H8bcVVdV8IvQWFg\\_CDctnGNy jWKKOLcV84](https://flexthings.fr/blog/formation-en-realite-augmentee-avantages-industrie/?fbclid=IwAR2vE5GVL4T8DWQskheccP_T0H8bcVVdV8IvQWFg_CDctnGNy jWKKOLcV84).
- [21]. <https://www.allerin.com/blog/5-challenges-to-mainstream-ar-adoption>.
- [22]. P. Srisuresh, M. Holdrege, " Terminologie et considérations sur les traducteurs d'adresse
- [23]. J. Maenpaa, V. Andersson, G. Camarillo, "Impact of Network Address Translator.
- [24]. Ditech Networks, "Practical Far-End NAT Traversal for VoIP", mars 2006.
- [25]. M. Constantinescu, D. Cernaianu, V. Croitoru, "NATFirewall Traversal for SIP: Issues.
- [26]. H. Sinnreich, B. Johnston, "Internet communication using SIP", ISBN-13: 978-0-471-



---

[27].<https://www.commentcamarche.net/contents/535-les-protocoles-rtp-rtcp?fbclid=IwAR2Z18dYxu4X6v3kJUUn7Q2EB8vbQtwgccENZMc5GTcd8K0UIIWlyW MGKD8>.

[28].[https://www.memoireonline.com/10/13/7498/m\\_Mise-en-place-dune-solution-VoIP-au-sein-de-lautorite-aeronautique-camerounaise21.html](https://www.memoireonline.com/10/13/7498/m_Mise-en-place-dune-solution-VoIP-au-sein-de-lautorite-aeronautique-camerounaise21.html)

[29].[http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2003tt nfa04/couraud-schoehn/rtcp.htm?fbclid=IwAR3ENEpPmmf0NOnbxAbG2feugHcTo3bIX-hZTVpE\\_asAfc8dYiYMeC\\_Orx4](http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2003tt nfa04/couraud-schoehn/rtcp.htm?fbclid=IwAR3ENEpPmmf0NOnbxAbG2feugHcTo3bIX-hZTVpE_asAfc8dYiYMeC_Orx4).

[30].[https://business.panasonic.fr/solutions-de-communication/qui-sommes-nous/decouvrir-les-pbx-et-postes-sip/presentation-de-la-technologie-sip?fbclid=IwAR1XnWalnC8dMRMXXoCEmRZ\\_ZhQdWojWa0SFk3Or7HSi-8VKFE5yZ6KvkEQ](https://business.panasonic.fr/solutions-de-communication/qui-sommes-nous/decouvrir-les-pbx-et-postes-sip/presentation-de-la-technologie-sip?fbclid=IwAR1XnWalnC8dMRMXXoCEmRZ_ZhQdWojWa0SFk3Or7HSi-8VKFE5yZ6KvkEQ).

[31].[http://dspace.univtlemcen.dz/bitstream/112/11182/1/Ms.Tel.Abdellaoui%2BBenhamo u.pdf?fbclid=IwAR1XnWalnC8dMRMXXoCEmRZ\\_ZhQdWojWa0SFk3Or7HSi-8VKFE5yZ6KvkEQ](http://dspace.univtlemcen.dz/bitstream/112/11182/1/Ms.Tel.Abdellaoui%2BBenhamo u.pdf?fbclid=IwAR1XnWalnC8dMRMXXoCEmRZ_ZhQdWojWa0SFk3Or7HSi-8VKFE5yZ6KvkEQ)

[32].[https://docs.citrix.com/fr-fr/citrix-adc/13/citrix-adc-support-for-telecom-service-providers/lsn-introduction/lsn-configuring-alg/rtsp-protocol-alg.html?fbclid=IwAR0E19b-Q9Cv8LPWH1iJ0GFyQf\\_QwFw3sJgB18AzhYJzpZJvjx0zYHuaQ0Q](https://docs.citrix.com/fr-fr/citrix-adc/13/citrix-adc-support-for-telecom-service-providers/lsn-introduction/lsn-configuring-alg/rtsp-protocol-alg.html?fbclid=IwAR0E19b-Q9Cv8LPWH1iJ0GFyQf_QwFw3sJgB18AzhYJzpZJvjx0zYHuaQ0Q).

[33].<http://wapiti.enic.fr/commun/ens/peda/options/ST/RIO/pub/exposes/exposesrio2003tt nfa04/couraud-schoehn/rtsp.htm>.

[34].SamySadi.TechniquesdeCheckpointingpourlaTol\_eranceauxFautesdans le CloudComputing. PhDthesis, Universit\_ed'Oran,Alg\_erie,2017.

[35].<https://azure.microsoft.com/fr-ca/overview/what-is-cloud-computing/#cloud-deployment-types>.

[36].Yannick Kuhn Allan Lefort Vincent Kherbache, Mohamed Moussalih. Cloud computing. projet tutor\_e en licence professionnelle asrall. 2010.

[37]. Kahn, J. (2003). Overview of MIMOSA and the Open System Architecture for Enterprise Application Integration. Proceedings of the 8th Condition Monitoring and

---

Diagnostic Engineering Management (COMADEM), (pp. 661-670). Växjö University, Sweden.

[38]. Mitchell, J., Bond, T., Bever, K., & Manning, N. (1998). MIMOSA – Four Years Later. *Sound and Vibration* , 12-21.

[39]. Holmberg, K., Helle, A., & Halme, J. (2005). Prognostics for industrial machinery availability. *Proceedings of POHTO'05, International seminar on maintenance, condition monitoring and diagnostics*. Oulu, Finland.

[40]. Bangemann, T., Rebeuf, X., Reboul, D., Schulze, A., Szymanski, J., Thomesse, J., et al. (2006). PROTEUS - Creating Distributed Maintenance Systems through an Integration Platform. *Computers in Industry* , 539-551.

[41]. S. Benbelkacem, N. Zenati-Henda, H. Belghit, A. Bellarbi, and S. Otmane,.

[42]. Benzayed Tarek. & Bouziane Féras

[43]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02354445/?fbclid=IwAR04p5FmsCcR7WkDDoaZ-nDSG0D2BrMvJCZdw4LaC5UCNs-EgQpFMIJ8qHA>. [En ligne]

[44]. [https://www.wikiwand.com/fr/C\\_sharp?fbclid=IwAR3j\\_jvRuaMoE1ForNI9P-dl0Nufxl2RQMJdpkoAsUM9PyTOcWwmyEdcc-c#:~:text=C%23%20est%20un%20langage%20de,ou%20des%20biblioth%C3%A8ques%20de%20classes](https://www.wikiwand.com/fr/C_sharp?fbclid=IwAR3j_jvRuaMoE1ForNI9P-dl0Nufxl2RQMJdpkoAsUM9PyTOcWwmyEdcc-c#:~:text=C%23%20est%20un%20langage%20de,ou%20des%20biblioth%C3%A8ques%20de%20classes).

[46]. <https://techterms.com/definition/direct3d>.

[47]. <https://riptutorial.com/fr/dot-net/topic/8746/json-dans--net-avec-newtonsoft-json>

[48]. <https://www.codeproject.com/Articles/19854/Sending-and-playing-microphone-audio-over-network>.

[49]. <https://www.componentsource.com/fr/product/kryptontoolkit?fbclid=IwAR0cPsC1Kfv2oqJGkOiN7byNx82Jo9HSpRfOWjnG-OOu18NhF109wl76gDc>

[50]. [https://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/?page\\_id=198&fbclid=IwAR2ht\\_lAhUdenlp-0T6\\_9DheFCfvC3PS\\_WPELWDs78YAvCUM7VKH7eyRots](https://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/?page_id=198&fbclid=IwAR2ht_lAhUdenlp-0T6_9DheFCfvC3PS_WPELWDs78YAvCUM7VKH7eyRots)

[51]. <https://stph.scenari-community.org/bdd/0/co/pri1c12.html>

---

[52].<http://members.unine.ch/muriel.aubert/images/uninice.pdf?>

[53]. <https://www.mimosa.org/mimosa-osa-cbm/>

[54].<https://www.guidescomparatifs.com/themes/integration-edi-mdm/cahier-des-charges-eai-esb-integration-dapplications/>

[55].<https://www.dictionnaire-juridique.com/definition/ntic-nouvelles-technologies-de-l-information-et-de-la-communication.php>

[56]. <https://www.fiixsoftware.com/condition-based-maintenance/>

[57]. <https://www.mimosa.org/mimosa-osa-eai/>

**(Lebold & Thurston, 2001):** Lebold, M., & Thurston, M. (2001). Open Standards for Condition-Based Maintenance and Prognostic Systems. Proceedings of the 5th Annual Maintenance and Reliability Conference (MARCON). Gatlinburg, USA.

**(Arnaiz, Iung, Jantunen, Levrat, & Gilabert, 2007):** Arnaiz, A., Iung, B., Jantunen, E., Levrat, E., & Gilabert, E. (2007). Dynaweb, a Web Platform for Flexible Provision of E-Maintenance Services. Proceedings of the second World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM). Harrogate, UK

**(Bangemann, et al., 2006):** Bangemann, T., Rebeuf, X., Reboul, D., Schulze, A., Szymanski, J., Thomesse, J., et al. (2006). PROTEUS - Creating Distributed Maintenance Systems through an Integration Platform. Computers in Industry , 539-551.

---

# Annexe

## 1. Présentation de l'architecture d'un système client/serveur

De nombreuses applications fonctionnent selon un environnement client/serveur, cela signifie que des machines clientes (des machines faisant partie du réseau) contactent un serveur, une machine généralement très puissante en termes de capacités d'entrée-sortie, qui leur fournit des services. Ces services sont des programmes fournissant des données telles que l'heure, des fichiers, une connexion, etc. [52].

### 1.1. Avantages de l'architecture client/serveur

Le modèle client/serveur est particulièrement recommandé pour des réseaux nécessitant un grand niveau de fiabilité, ses principaux atouts sont [52]:

- Des ressources centralisées étant donné que le serveur est au centre du réseau, il peut gérer des ressources communes à tous les utilisateurs
- Une meilleure sécurité car le nombre de points d'entrée permettant l'accès aux données est moins.
- Un réseau évolutif grâce à cette architecture il est possible de supprimer ou rajouter des clients sans perturber le fonctionnement du réseau et sans modification majeure.

### 1.2 Inconvénients de l'architecture client/serveur

L'architecture client/serveur a tout de même quelques lacunes parmi lesquelles [52] :

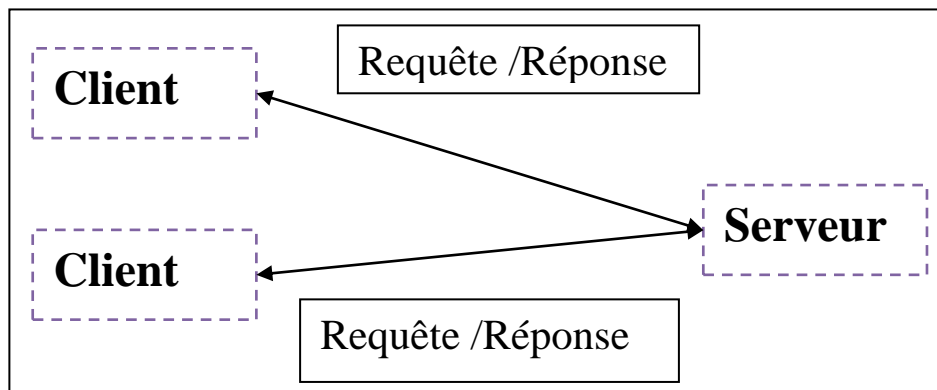
- Un coût élevé dû à la technicité du serveur
- Un maillon faible le serveur est le seul maillon faible du réseau client/serveur, étant donné que tout le réseau est architecturé autour de lui. Heureusement, le serveur a une grande tolérance aux pannes.

### 1.3 Fonctionnement d'un système client/serveur

Un système client/serveur fonctionne selon le schéma suivant (voir Figure 60) [52] :

- Le client émet une requête vers le serveur grâce à son adresse IP et le port, qui désigne un service particulier.

- 
- Le serveur reçoit la demande et répond à l'aide de l'adresse de la machine cliente et son port.



**Figure 60: Fonctionnement d'un système client/serveur[44]**

## 2. Présentation de l'architecture d'un système Pair-à-Pair

Contrairement à une architecture de réseau de type client/serveur, il n'y a pas de serveur dédié. Ainsi chaque ordinateur dans un tel réseau joue à la fois le rôle de serveur et de client. Cela signifie notamment que chacun des ordinateurs du réseau est libre de partager ses ressources [52].

Dans un réseau Pair-à-Pair typique, il n'y a pas d'administrateur. Chaque utilisateur administre son propre poste. D'autre part tous les utilisateurs peuvent partager leurs ressources comme ils le souhaitent (données dans des répertoires partagés, imprimantes, cartes fax etc.)

### 2.1. Avantages de l'architecture Pair-à-Pair

Parmi ses avantages [52]:

- Un coût réduit (pas de matériel évolué, pas de frais d'administration)
- Une grande simplicité (la gestion et la mise en place du réseau et des machines sont peu compliquées).

### 2.2. Inconvénients de l'architecture Pair-à-Pair

Parmi ses inconvénients [52]:

- Ce système n'est pas centralisé, ce qui le rend très difficile à administrer.
- La sécurité est moins facile à assurer, compte tenu des échanges transversaux.
- Aucun maillon du système ne peut être considéré comme fiable.

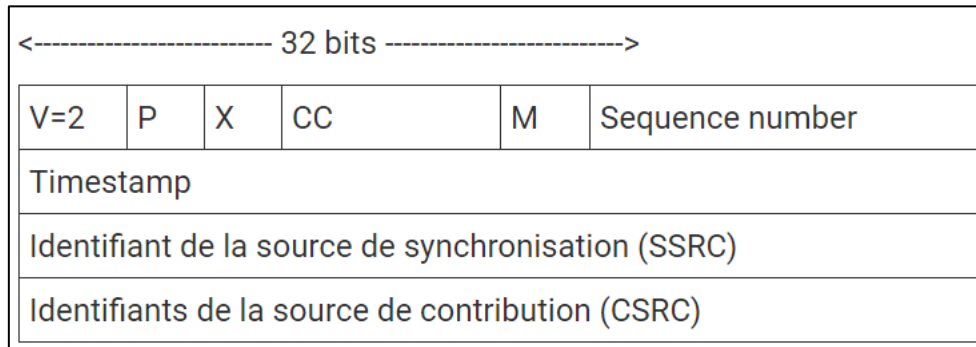
### 2.3. Fonctionnement d'un système Pair-à-Pair

La mise en œuvre d'une telle architecture réseau repose sur des solutions standards [52] :

- Placer les ordinateurs sur le bureau des utilisateurs
- Chaque utilisateur est son propre administrateur et planifie lui-même sa sécurité

### 3.Format des en-têtes et leurs contenus de RTP

L'en-tête RTP comportera les informations suivantes [27] (voir Figure 61):



**Figure 61: format de L'en-tête RTP[27]**

Voici la signification des différents champs de l'en-tête :

- **Le champ Version (V)** de 2 bits de longueur indique la version du protocole (V=2)
- **Le champ Padding (P)**: 1 bit, si P est égal à 1, le paquet contient des octets additionnels de bourrage (padding) pour finir le dernier paquet.
- **Le champ Extension (X)**: 1 bit, si X=1 l'en-tête est suivie d'un paquet d'extension.
- **Le champ CSRC count (CC)**: 4 bits, contient le nombre de CSRC qui suivent l'en-tête.
- **Le champ marker (M)**: 1 bit, son interprétation est définie par le profil de l'application (profile).
- **Le champ payload type PT**: 7 bits, ce champ identifie le type du payload (audio, vidéo, image, texte, html, etc.).
- **Le champ séquence number** : 16 bits, sa valeur initiale est aléatoire et il s'incrémente de 1 à chaque paquet envoyé, il peut servir à détecter des paquets perdus.
- **Le champ timestamp**: 32 bits, reflète l'instant où le premier octet du paquet RTP a été échantillonné. Cet instant doit être dérivé d'une horloge qui augmente de façon monotone et linéaire dans le temps pour permettre la synchronisation et le calcul de la gigue à la destination.
- **Le champ SSRC**: 32 bits, identifie de manière unique la source, sa valeur est choisie de manière aléatoire par l'application. Le champ SSRC identifie la source de

---

synchronisation (ou dit simplement "la source"). Cet identificateur est choisi de manière aléatoire avec l'intérêt qu'il soit unique parmi toutes les sources d'une même session. La liste des CSRC identifie les sources (SSRC) qui ont contribué à l'obtention des données contenues dans le paquet qui contient ces identificateurs. Le nombre d'identificateurs est donné dans le champ CC.

- **Le champ CSRC:** Ce champ contient le nombre d'identifiants CSRC qui suivent l'en-tête fixe, c'est à dire le nombre de sources contributives liées à ce paquet.

#### 4. Types de rapport du RTCP [29]

- **SR (Sender Report) :** ce rapport regroupe des statistiques concernant la transmission (pourcentage de perte, nombre cumulé de paquets perdus, variation de délai (gigue), etc. Ces rapports sont issus d'émetteurs actifs d'une session.
- **RR (Receiver Report) :** ensemble de statistiques portant sur la communication entre les participants. Ces rapports sont issus des récepteurs d'une session.
- **SDES (Source Description) :** décrit la source (nom, email, localisation, tél, etc.).
- **BYE :** message de fin de participation à une session.
- **APP:** Le message spécifique à l'application fournit un mécanisme pour concevoir des extensions spécifiques à l'application du protocole RTCP.

#### 5. OSA/CBM [53]

La spécification OSA-CBM est une architecture standard pour déplacer des informations dans un système de maintenance conditionnelle. Un examen plus approfondi révèle un moyen de réduire les coûts, d'améliorer l'interopérabilité, d'accroître la concurrence, d'incorporer des modifications de conception et de poursuivre la coopération dans le domaine de la maintenance conditionnelle.

#### 6. EAI [54]

L'intégration d'applications d'entreprise (IAE) ou en anglais Enterprise Application Integration (EAI) désigne des processus et des logiciels permettant d'automatiser les échanges entre différentes applications d'une entreprise ou différents systèmes d'information d'entreprises différentes.

Les applications et les entreprises peuvent ainsi s'échanger des données, des messages et collaborer à l'aide de processus communs.

L'EAI permet donc de lier les applications entre elles grâce à un bus d'information commun auquel elles sont liées par des connecteurs spécifiques.

---

## **7. Nouvelle Technologies de l'Information et de la Communication(NTIC) [55]**

NTIC désigne l'ensemble des technologies permettant de traiter des informations numériques et de les transmettre. L'expression «nouvelles technologies de l'information et de la communication » désigne donc une combinaison d'informatique et de télécommunications, mais elle s'est plus spécialement répandue dans le contexte du réseau Internet et du multimédia, c'est-à-dire de l'information audiovisuelle numérisée (images et sons, par opposition aux données de type texte et chiffres, moins volumineuses, qui constituaient l'essentiel des données transitant par les réseaux jusqu'au développement du web et du protocole http).

## **8. Système CBM [56]**

Condition-based maintenance ou L'entretien fondé sur l'état (CBM) est une stratégie d'entretien qui surveille l'état réel d'un bien pour décider de l'entretien à effectuer. Le CBM exige que la maintenance ne soit effectuée que lorsque certains indicateurs montrent des signes de rendement décroissant ou de défaillance imminente.

## **9. Le modèle de base de données relationnelle (CRIS) [57]**

Le modèle de base de données relationnelle (CRIS) est représenté comme un modèle logique et physique, avec des scripts SQL ciblés pour Oracle Data base et Microsoft SQL Server. Les scripts SQL incluent à la fois la création du schéma de la base de données et l'insertion des données de référence MIMOSA, ces dernières pouvant être étendues pour prendre en charge des exigences projet ou organisationnelles uniques. Tech-CDE-Services fournit un mécanisme efficace pour gérer une base de données CRIS via Web Services.





