

114-004-426-1

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



CDTA

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'obtention
D'un Diplôme de Master en Informatique
Option : Système Informatique et Réseaux

Thème :

***Communication audio, visuel et données pour une plate-
forme distribuée pour l'e-maintenance industrielle***

Présenté par :

Benzayed Tarek

Bouziane Féras

Promoteur : Mr. Ouldkaoua Mohamed

Devant le jury composé de :

Mr. Douga Yassine

Mr. Cherif Zehar Sid-Ahmed Amine

Soutenu le : 28/06/2018

Encadré par :

Mr. Bellarbi Abdelkader

Mr. Tiberkak Allal

Président

Examineur



MA-004-426-1

Remerciements

D'abord nous remercions le bon dieu de nous avoir donné santé, courage, volonté et foi pour réaliser ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos encadreurs Mr Tiberkak Allal, Mr Bellarbi Abdelkader, et notre promoteur Ouldkaoua Mohamed, pour tout ce qu'ils nous ont apporté comme aides, connaissances et conseils pour l'accomplissement de ce travail.

Et à toute l'équipe CDTA de nous avoir donné la chance de travailler avec eux.

Nous remercions vivement les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail.

Aux enseignants de département d'informatique de l'USDB pour l'effort qu'ils ont déployé afin d'assurer notre Formation, pour leurs compétences, et surtout leur modestie. Nous aimerions aussi remercier nos familles, nos amis, ainsi que tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.



Résumé

Ce projet de fin d'étude rentre dans le cadre du projet R&D « E-Maintenance by Augmented Reality, EMAR » initié au CDTA au sien de l'équipe de recherche IRVA 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. 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 la possibilité de télé-assister en temps réel des techniciens pour la réalisation et la réparation des pannes de maintenance.

ملخص

مشروع نهاية الدراسة هذا هو جزء من مشروع البحث والتطوير للصيانة الإلكترونية من خلال الواقع المعزز المقترح في مركز التنمية للتكنولوجيات المتطورة من طرف فريق البحث في الواقع الافتراضي والتفاعل ثلاثي الابعاد (IRVA). 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 اتصالاً صوتياً ومرئياً ونصياً و يستخدم هذا التطبيق تكنولوجيا الواقع المعزز ، تسمح هذه البنية لجميع الخبراء بإمكانية تقديم ارشادات عن بعد لتقنيي إصلاح أعطال الآلات الميكانيكية ومن اجل القيام بأعمال الصيانة.

Abstract

This end-of-study project is part of an R & D project "E-Maintenance by Augmented Reality, EMAR" initiated at CDTA within the research team IRVA Interaction, Virtual Reality and Augmented (IRVA). The objective of the project is to develop a distributed platform for e-maintenance of industrial systems by augmented reality. Our research work consists in proposing an architecture for a real-time application, this application allows an audio, visual and textual communication, the more it uses the technology of the augmented reality, this architecture allows to the whole of the experts the possibility of the tele-assistance real-time with all technicians in the realization and repair of maintenance breakdowns

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PROBLEMATIQUE.....	2
STRUCTURE DU MEMOIRE.....	3
PREREQUIS.....	4
Quelques plateformes de « e-maintenance » existantes.....	4
LA REALITE AUGMENTEE ET LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE.....	7
1.1 INTRODUCTION.....	7
1.2 REALITE AUGMENTEE : DEFINITION ET CONCEPTS.....	8
1.3 ARCHITECTURE DES SYSTEMES DE REALITE AUGMENTEE.....	10
1.3.1 Les marqueurs.....	10
1.3.1.2 Les types de marqueurs	10
1.3.2 Principes de fonctionnement de la réalité augmentée	11
1.4 QUELQUES APPLICATIONS DE LA REALITE AUGMENTEE.....	13
1.5 AVANTAGES ET INCONVENIENTS.....	15
1.5.1 Avantages.....	15
1.5.2 Inconvénients.....	16
1.6 CONCLUSION	16
STREAMING DANS LES RESEAUX IP.....	17
1. INTRODUCTION.....	17
3. STREAMING DANS LES RESEAUX IP	17
3.1 Les protocoles de signalisation	17
3.1.2 Le Protocole SIP.....	18
3.1.2. A Les Fonctions.....	18
3.1.2. B Architecture SIP	18
3.1.3 Le Protocole H.323.....	19

3.1.3. A L'architecture H.323	19
3.1.4 Etude comparative entre SIP et H.323	20
3.2 Les Protocoles de transfert de flux multimédia	21
3.2.1 Le Protocole RTP	21
3.2.1. A Format du paquet	21
3.2.1. B Avantage	22
3.2.1. D Inconvénients	22
3.2.2 Le Protocole RTCP	22
3.2.2.A Les fonctions	23
3.2.2. B Format du paquet	23
3.2.3 Le Protocole RTSP	24
3.2.3. A Fonctions de RTSP	24
3.2.4 Le Protocole RTMP	25
3.3 Les protocoles utilisés dans la couche transport	25
3.3.1 Le Protocole SCTP	25
3.4 Les protocoles utilisés dans la résolution du problème de NAT	25
3.4.1 ICE	26
3.4.2 STUN	26
3.4.3 TURN	26
3.5 Qualité de Service	27
3.5.1 Paramètres de QoS	27
3.5.2 Les besoins en Qualité de Service	28
3.6 Les CODEC s	28
3.6.1 Fonctionnements de CODEC	29
4. CONCLUSION	29
CONCEPTION DU SYSTEME D'E-MAINTENANCE	30
1. INTRODUCTION	30
2. ARCHITECTURE RESEAUX ET LES PROTOCOLES UTILISES	30
3. ANALYSE DES BESOINS	34
3.1 Recueil des besoins fonctionnels	34
3.2 Identification des acteurs du système	34
4. ELABORATION DES CAS D'UTILISATION	35
4.1 Identification des cas d'utilisation	35
4.1.1 Diagrammes des cas d'utilisation	36
4.1.1. A Diagramme de cas d'utilisation « Accès au système »	37
4.1.1. B Diagramme de cas d'utilisation « Liste des experts disponibles »	38
4.1.1. C Diagramme de cas d'utilisation « Créer une procédure de maintenance »	39
4.1.1. D Diagramme de cas d'utilisation « demande l'aide d'un expert »	40
4.1.1. E Diagramme de cas d'utilisation « accepte offre de technicien »	41

RESEAUX INFORMATIQUE.....	69
2.1 Les différents types de réseaux.....	69
2.2 Equipements réseau.....	69
2.3 Protocole IP (Internet Protocole)	70
2.3.1 Adressage IP et la structure d'adresses.....	70
2.3.1. A Type d'adresse IP.....	70
2.3.2 Défauts et avantages	71
2.4 Modèle TCP/IP	71
2.4.1 Définition des couches.....	71
2.5 LES PROTOCOLES DE COUCHE TRANSPORT	72
2.5.1 Le Protocole TCP	72
2.5.2 Le Protocole UDP.....	73
2.5.2. A Caractéristiques d'UDP	73
2.6 NAT (Network Address Translation).....	74
2.6.1 Fonctionnement	74
2.6.2 Différents types de NAT.....	74
2.6.2. A NAT statique.....	74
2.6.2. B NAT Dynamique.....	74
2.6.2. C NAT Symétrique	74

Liste des Figures

Figure 1 Architecture simplifiée de la plate-forme PROTEUS	4
Figure 2 Architecture générale du système.....	5
Figure 3 Thématiques de recherches liées à la réalité augmentée	8
Figure 4 Marqueurs ARToolKit de type « Template ».....	11
Figure 5 Structure d'un QR Code.....	11
Figure 6 Principe de fonctionnement de la réalité augmentée.....	12
Figure 7 Principes illustrés du fonctionnement de la réalité augmentée.....	12
Figure 8 Superposition des vaisseaux sanguins sur la vidéo laparoscopique	13
Figure 9 Un technicien utilise le système d'aide à la maintenance par la réalité augmentée pour maintenir son véhicule	14
Figure 10 MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance.....	14
Figure 11 Un nageur joue en réalité augmentée dans une piscine, en utilisant le Dolphyn.....	15
Figure 12 Architecture SIP	19
Figure 13 Architecture de H.323	20
Figure 14 Entête RTP	21
Figure 15 Exemple de RTCP	22
Figure 16 Format du paquet RTCP.....	23
Figure 17 Architecture STUN	26
Figure 18 Architecture TURN	27
Figure 19 Localisation des utilisateurs	31
Figure 20 Connexion entre deux utilisateurs	32
Figure 21 Messages échangés dans le système.....	36
Figure 22 Diagramme de cas d'utilisations « accès au système»	37
Figure 23 Diagramme de cas d'utilisations «Liste des experts Disponible»	38
Figure 24 Diagramme de cas d'utilisations «Créer une procédure de maintenance»	39
Figure 25 Diagramme de cas d'utilisations «demande l'aide d'un expert».....	40
Figure 26 Diagramme de cas d'utilisations «accepte offre de technicien».....	41
Figure 27 Diagramme de cas d'utilisations global	42
Figure 28 Diagramme séquence «S'authentifie»	43
Figure 29 Diagramme séquence «La liste des expert en ligne».....	44
Figure 30 Diagramme séquence «demander l'aide d'un expert»	45
Figure 31 Diagramme séquence «accepte offre d'un technicien»	47
Figure 32 Diagramme séquence «Procédure de maintenance»	48
Figure 33 Architecture générale du système.....	50
Figure 34 Un Ordinateur.....	51
Figure 35 Tablette Windows	51
Figure 36 Un marqueur ARTOOLKIT	52
Figure 37 Bibliothèque Krypton.....	53
Figure 38 Serveur de base de données.....	54
Figure 39 Serveur d'application	54
Figure 40 Serveur de signalisation.....	55
Figure 41 Authentification (Admin, Expert et Technicien).....	56
Figure 42 Gérer les utilisateurs.....	56
Figure 43 Liste des experts en ligne	57
Figure 44 demande l'aide d'un expert	57
Figure 45 Accepte / Refuse offre d'un technicien.....	57
Figure 46 Établissement d'appel	58
Figure 47 Palette de création d'une procédure de maintenance augmentée	59
Figure 48 Visualisation d'une procédure reçus.....	59
Figure 49 Un technicien possède une tablette pour filmer la scène.....	60
Figure 50 Un expert assiste un technicien	60

Figure 51 L'expert envoie des objets 3D.....	61
Figure 52 Explication de l'expert par des objets 3D et des textes	61
Figure 53 Les couches de modèle OSI et modèle TCP/IP.....	72
Figure 54 Architecture du NAT Symétrique	75

Liste Des Abréviations

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

IP : Internet Protocol

RA : «Augmented Reality» (en français : réalité augmentée)

HMD : Head Mounted Display

IHM : Interface Homme-Machine

IR : Images Réelles

EV : Entités Virtuelles

GPS : *Global Positioning System*

Wifi : Wireless Fidelity

QR : code est acronyme de « Quadratic Residue Code »

ISO : Organisation internationale de normalisation

IEC : *International Electrotechnical Commission*

VoIP : Voice over IP

VoBB : *Voice of Bonne Bay*

SIP : Session Initiation Protocol

RTP : Real Time Protocole

RTCP : Real Time Control Protocole

RTSP : Real Time Streaming Protocole

RTMP : *Real Time Messaging Protocol*

SCTP : Stream Control Transmission Protocol

ICE : Interactive Connectivity Establishment

NAT : *Network Address Translation*

STUN : Simple Traversal of User Datagram Protocol through NAT

TURN : Traversal Using Relay NAT

LAN : Local Area Network en français Réseau Local

WAN : Wide Area Network ou Réseau étendu

TCP : Transmission Control Protocol

UDP : User Datagram Protocol

OSI : Open Systems Interconnection

PAT : Port Address Translation

URI : Uniform Resource Identifier

ITU : International Telecommunication Union

ITU-T : ITU Telecommunication Standardization Sector

Introduction générale

Les progrès remarquables du monde industriel ces dernières années ont impliqué l'intégration de nouveaux outils d'assistance technologique. Le but est de faciliter les tâches de maintenance qui sont devenues plus complexes. Les exigences qui ont apparu avec ce progrès expriment les difficultés rencontrées par les techniciens de maintenance à cause de la grande variété des systèmes mécatroniques. De plus, le changement ou le renouvellement des gammes, de façon rapide, plus les multiplicités des procédures de maintenance rendent la maintenance plus complexe. D'autres contraintes tels que les durées réduites de formations, et aussi celles liées aux techniciens comme par exemple l'incertitude des tâches à réaliser ou bien la visibilité de système à maintenir. Pour résoudre ce problème les techniciens doivent se former sur la réalisation des tâches!!! [1]. Mais cela peut impliquer une aggravation des erreurs des procédures avec une perte de temps qui va augmenter le coût de maintenance. L'intégration de nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) est devenue plus indispensable pour répondre à la demande des industriels pour augmenter l'efficacité des tâches et l'efficacité dans la maintenance.

Avec l'avènement du paradigme de la réalité augmentée et la progression dans le domaine de la voix IP (VoIP), plusieurs projets dans différents domaines (aéronautiques, médecine, militaire, etc.) ont donc vu le jour dans l'espoir de créer des systèmes collaboratifs à distance et efficaces. Ces projets ont pour vocation d'accompagner un opérateur en fournissant de l'information contextualisée (visuelle ou sonore) en temps réel. L'utilisateur doit pouvoir porter son attention sur la tâche à réaliser et non sur l'utilisation de l'outil lui-même. Cela dépend des différentes stratégies de chaque projet dans l'élaboration de ses prototypes. 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 l'expert et les techniciens, finalement en minimisant le coût de maintenance et éviter des 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.

Ce projet de fin d'études rentre dans le cadre d'un projet R&D « E-Maintenance by Augmented Reality, EMAR » initié au Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA) au sein 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.

Problématique

Lorsqu'un technicien est en train de réaliser une tâche de maintenance, il a besoin de l'aide. Souvent, il n'est pas facile de trouver un expert ayant le niveau de compétence et de connaissance pour l'assister. Actuellement, avec le développement de la technologie de l'internet et l'augmentation incroyable de la bande passante, la téléassistance temps réel devient accessible. De ce fait, il faut avoir un système permettant de supporter des interactions à distance.

Plusieurs questions se posent : (i) comment développer ou bien proposer une architecture globale pour ce système ? (ii) Qu'elles sont les critères qu'on doit prendre en considération ? (iii) Comment peut le technicien trouver et rechercher un expert disponible ? (iv) Comment l'appel va s'établir ? (v) Qu'elles sont les fonctionnalités que le technicien ou l'expert pouvait les avoir ? Etc.

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. Cela, est de trouver ou choisir les meilleures solutions à utiliser ou bien à modifier pour répondre à nos besoins. Les choix doivent prendre en compte l'utilisation de la technologie de la réalité augmentée. L'objectif final est de pouvoir proposer et implémenter une architecture téléassistance temps réel de la maintenance.

Prérequis

Quelques plateformes de « e-maintenance » existantes

Le projet européen Proteus :

- Le projet PROTEUS a comme objectif de fournir une plate-forme et les concepts génériques pour construire des systèmes de e-maintenance industrielle incluant les systèmes existants d'acquisition de données, de contrôle – commande, de gestion de la maintenance, d'aide au diagnostic, de gestion de la documentation, etc. Le but de la plate-forme est non seulement d'intégrer des outils existants, mais aussi de prévoir l'évolution de ceux-ci au travers de l'introduction de nouveaux services.
- Les concepts de Web services, d'ontologie et de services génériques associés à des modèles génériques des données sont au centre de la solution en cours de développement. En effet, ces techniques permettent de garantir l'interopérabilité de systèmes hétérogènes. Cet article décrit les principes de la solution en s'appuyant sur un exemple de processus et un scénario typique de maintenance corrective. De plus, il décrit les résultats préliminaires obtenus lors des premières expérimentations. [R]

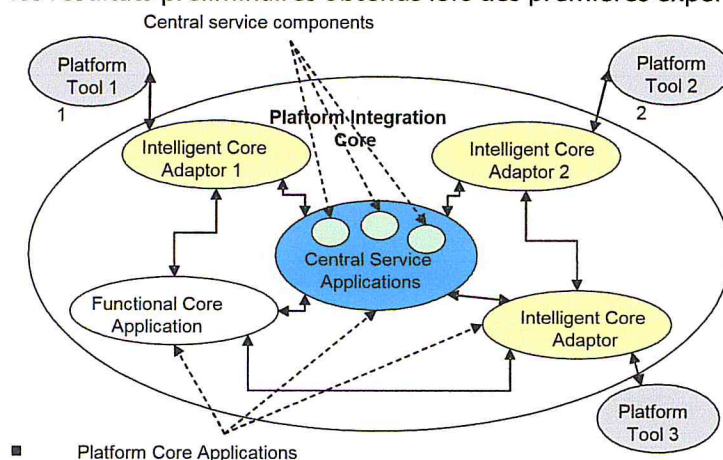


Figure 1 Architecture simplifiée de la plate-forme PROTEUS

Le projet TEMIC (TELé-Maintenance Industrielle Coopérative)

Depuis l'an 2000, les performances sont réalisées du point de vue des réseaux les processeurs permettent d'utiliser de vraies applications de distribution. En particulier, la qualité du réseau permet d'avoir plusieurs expertises facilement disponibles. En conséquence, la qualité de la maintenance augmente à mesure qu'elle devient plus rapide, plus fiable et plus efficace. L'application de télémaintenance TEMIC connecte les utilisateurs mobiles (via leur terminal PDA) aux systèmes d'information afin de réaliser des activités dans des domaines tels que la maintenance corrective, préventive et conditionnelle. La plate-forme de télémaintenance TEMIC repose sur une architecture à trois niveaux: collecte et surveillance, intervention et reporting, diagnostic et collaboration. L'utilisation des

réseaux sans fil est l'une des caractéristiques distinctives de TEMIC, qui permet la connexion entre les acteurs qualifiés de télé-maintenance mobile. Une autre distinction est la conception de réseaux industriels actifs et autonomes, facilement et efficacement déployables dans une configuration industrielle.[S]

■

système de réalité augmentée mobile pour l'aide à la maintenance

ce travail s'inscrit dans le cadre du projet « Plateforme Interactive Collaborative et Mobile : Application à la e-Maintenance » initié par l'équipe VAANIM (Vision Artificielle et Analyse d'IMage) au sein de la division robotique et productive du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA). L'objectif de ce projet est de réaliser une plateforme de réalité augmentée Mobile pour l'aide à la maintenance et ceci en se basant sur les avantages qu'offrent les nouvelles technologies de l'information et de la communication, c'est une plateforme d'e-maintenance basée sur les SOA.

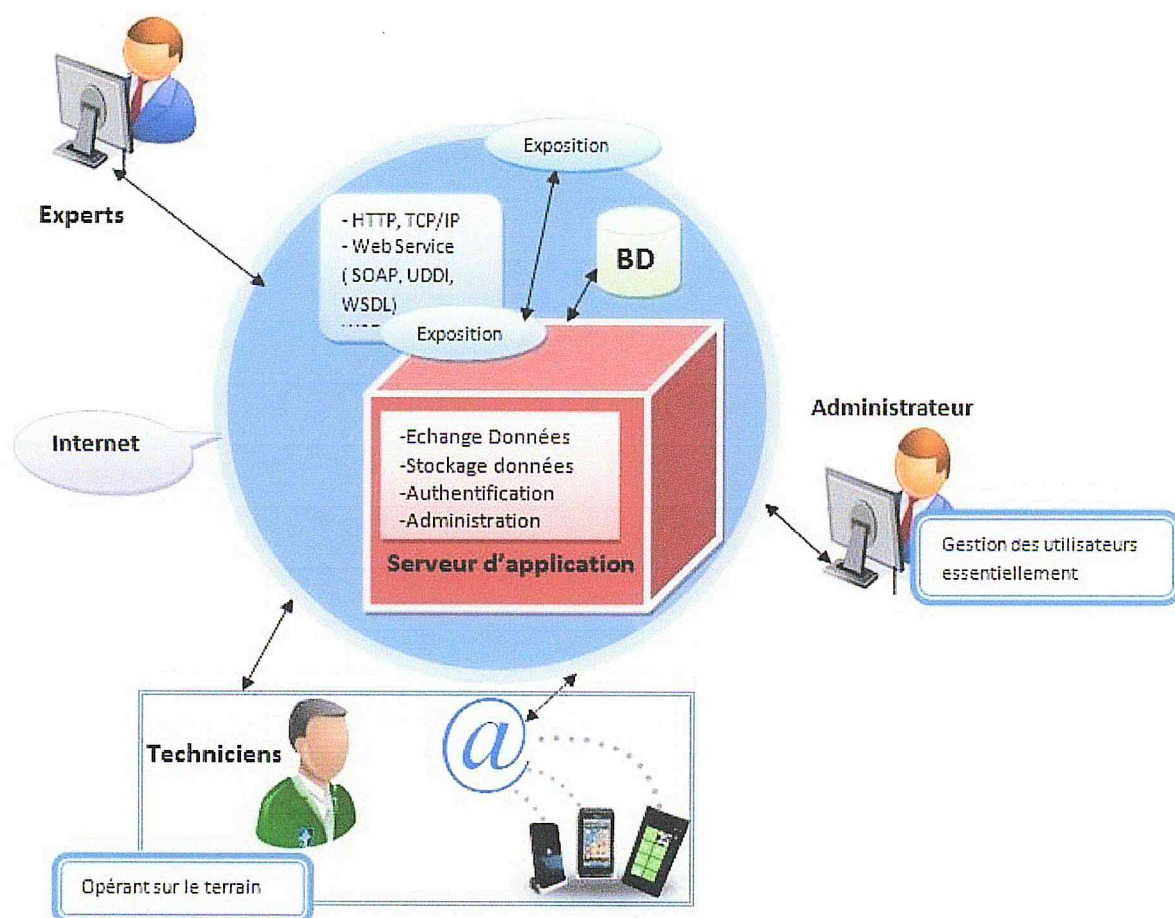


Figure 2 Architecture générale du système

SMMART (System for mobile maintenance accessible in real time)

- Projet basé sur la combinaison de nouvelles technologies sans fil permettant de communiquer dans des environnements hostiles et de contrôler ainsi la maintenance et le cycle de vie de composants critiques [Smmart 05].

- Ces projets et plateformes offrent des solutions d'instrumentation de technologies avancées pour la réalisation d'intervention de maintenance. Néanmoins, elles restent trop centrées sur les éléments matériels et technologiques qui les composent, sans aborder les ressources immatérielles [Seguy 08].

La réalité augmentée et la maintenance industrielle

1.1 Introduction

L'industrie du futur doit intégrer divers outils numériques pour améliorer sa performance et proposer des services nouveaux. Cette transformation numérique reste complexe, car ces outils numériques sont complexes à appréhender pour des personnes sans expertise dans le domaine du numérique. De nombreuses questions se posent lorsque la réalité augmentée doit être déployée dans un contexte industriel [5]. Plus particulièrement, sur la partie technique (appareil, algorithme, Framework existants, etc.) et sur les usages existants dans un contexte industriel. En effet, la réalité augmentée pour l'industrie s'insère dans un cadre plus global. Cette technologie est mise en place pour répondre à des besoins de collaboration entre des experts et des opérateurs. L'analyse de la littérature permet d'identifier différentes thématiques de recherche, présentée figure 1 [5].

Un exemple d'usage permet de comprendre à quels problématiques répondants ces différentes thématiques. Chaque entreprise possède des compétences et des données métiers que l'expert maîtrise. Afin de pouvoir partager son expertise auprès des opérateurs, celles-ci doivent être modélisées (figure 1 – Compétences et données métiers). L'expert a aussi besoin de produire de nouvelles informations en réalité augmentée (gamme de maintenance, guide opérationnel) pour assister ou former l'opérateur dans ses tâches quotidiennes. De même, une modélisation est nécessaire afin de faciliter cette édition de contenu pour l'expert [5].

L'opérateur, quant à lui, rencontre plusieurs problématiques lorsqu'il travaille. Tout d'abord, il doit pouvoir se localiser sur les lieux d'intervention (figure 1 – Localisation de l'opérateur). Ensuite, pour travailler en augmentée, il est nécessaire qu'un outil de reconnaissance l'objet sur lequel il doit intervenir (figure 1 – Reconnaissance et suivi d'objet). Ce sont essentiellement les algorithmes de vision par ordinateur qui sont utilisés dans ce cas.

Les différentes contraintes en fonction de l'algorithme utilisé. Il faut donc les identifier pour choisir le plus pertinent. Ensuite, il est nécessaire d'afficher la réalité augmentée à travers un appareil (figure 1 – Affichage en RA). La question sur le meilleur type de dispositif à utiliser en fonction de l'usage se soulève [5].

Puis, il faut que l'opérateur puisse interagir avec cet appareil pour contrôler l'application (figure 1 – Interaction utilisateur). Enfin, il est nécessaire d'évaluer l'usage de cette technologie de réalité augmentée pour connaître quel type d'opération elle peut le mieux optimiser (figure 1 – Evaluation de l'usage)[5].

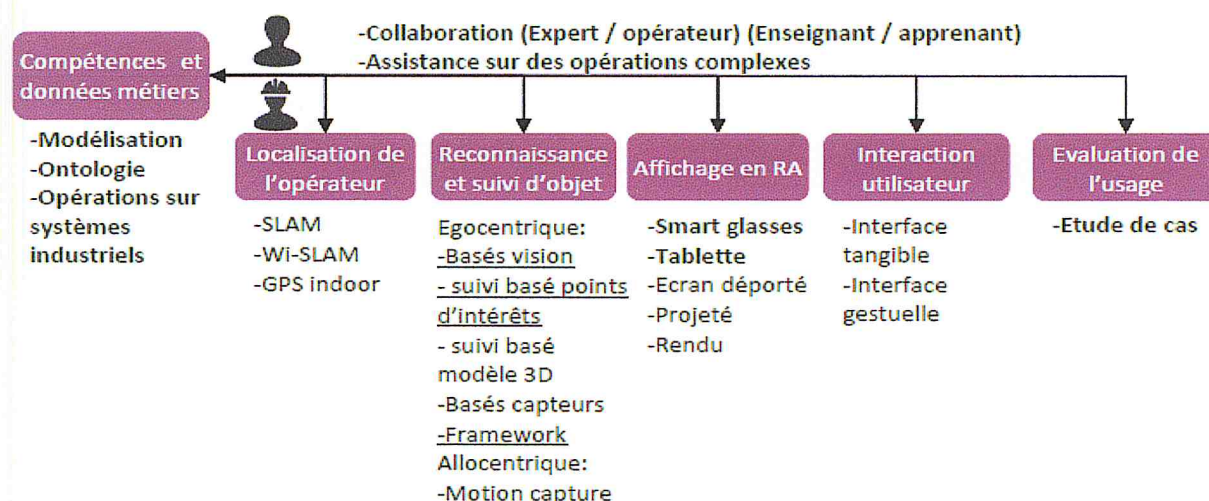


Figure 3 Thématiques de recherches liées à la réalité augmentée

1.2 Réalité augmentée : définition et concepts

Le terme «Augmented Reality» (en français : réalité augmentée) a été utilisé pour la première fois en 1992, par les deux chercheurs de Boeing, Thomas Caudell et David Mizell [Caudell & Mizell 1992] pour décrire un casque semi-transparent, utilisé par les électriciens d'aéronautique et qui visualise des informations virtuelles sur l'image réelle. Etymologiquement, Le dictionnaire Petit Robert1 donne la définition suivante:

• **Réalité** *n. f. bas lat. realitas-> rien. Caractère de ce qui est réel, de ce qui ne constitue pas seulement un concept, mais une chose, un fait etc. Ce qui est réel, actuel, donné comme tel à l'esprit [4].*

• **Augmentée** *vr tr. Augmenter. Rendre plus grand, plus considérable, par addition d'une chose de même nature.*

Les premières définitions de la réalité augmentée (RA) étaient restreintes à l'utilisation de dispositifs de visualisation tête-haute semi-transparents (See-through HMD). Milgram et Kishino ont introduit en 1994 une définition plus étendue de la réalité augmentée (RA) : « la réalité augmentée a pour but d'augmenter la rétroaction naturelle de l'opérateur avec le monde réel à l'aide d'indices virtuels » [Milgram & Kishino 1994]. Cette définition a permis de sortir du cadre de l'utilisation des seuls dispositifs de visualisation tête-haute.

Mackay [Mackay 1998] précise qu'il est possible de considérer la réalité augmentée comme une interface entre l'homme et la machine. Celle-ci permet d'interagir de manière naturelle avec le monde réel tout en bénéficiant des capacités évoluées qu'offre l'ordinateur. A partir de là, comme pour tout IHM, un système de RA doit prendre en compte les paramètres liés à l'utilisateur et à son environnement.

Ronald Azuma a développé une définition de la RA en 1997 [Azuma 1997], qu'il a complétée dans son état de l'art en 2001. Selon lui « un système de réalité augmentée est un système qui complète le monde réel avec des objets virtuels (générés par ordinateur) de telle sorte qu'ils semblent coexister dans le même espace que le monde réel » [Azuma et al. 2001]. Ainsi, il a défini trois règles de base d'un système de RA:

1. Combiner des objets réels et virtuels dans un environnement réel.
2. Être interactifs en temps-réel.
3. Recaler (aligner) les objets réels et virtuels.

Mais toujours selon Azuma, la RA peut potentiellement s'appliquer à tous les sens tel que le toucher ou l'ouïe.

Cette définition a été critiquée par certains chercheurs tels que Didier [Didier 2005] ou Hugues [Hugues 2011]. En effet, selon Didier [Didier2005], cette définition serait très restrictive, vu qu'elle exclue la réalité augmentée en post-production, et considère le recalage (réel/virtuel) comme condition nécessaire pour la RA. Ainsi, d'après Didier, il suffit qu'un objet virtuel soit sémantiquement lié avec la scène réelle (sans alignement) pour le considérer comme une augmentation et donc la troisième condition d'Azuma [Azuma et al. 2001] serait à éliminer.

Fuchs et Moreau [Fuchs & Moreau 2006] ont présenté une définition de la réalité augmentée plus élargie: «La réalité augmentée regroupe l'ensemble des techniques permettant d'associer un monde réel avec un monde virtuel, spécialement en utilisant l'intégration d'Images Réelles (IR) avec des Entités Virtuelles (EV) : images de synthèse, objets virtuels, textes, symboles, schémas, graphiques, etc. D'autres types d'association entre mondes réels et virtuels sont possibles par le son ou par le retour d'effort ». Cette définition semble la plus équilibrée.

Selon Dubois [Dubois 2009], la RA est un paradigme d'interaction qui est né de la volonté de fusionner les capacités de traitement informatique et l'environnement physique. L'objectif est de parvenir à rompre la frontière entre l'ordinateur et le monde réel afin de permettre à l'utilisateur de bénéficier de moyens informatiques, tout en restant au contact de son environnement réel. La RA vise donc à faire sortir l'ordinateur de son cadre d'utilisation habituel (écran, clavier et souris), pour laisser une part de plus en plus grande à l'interaction avec l'environnement physique de l'utilisateur, c'est-à-dire le monde réel.

Otmane [Otmane 2010] a défini la RA par sa finalité « La finalité de la réalité augmentée est de permettre à une personne (ou plusieurs) des interactions multi sensorielles (audio, vidéo et haptique) avec un environnement qui fait coexister les deux mondes virtuel et réel ».

D'une manière générale, la réalité augmentée représente tout système qui permet la fusion du réel et du virtuel en offrant à l'utilisateur une perception augmentée de la réalité. Celle-ci peut s'étendre à tous les sens de l'utilisateur (le visuel, le toucher ou encore

l'ouïe). En fonction de la nature de l'association du réel et du virtuel [Fuchs & Moreau 2003], cette fusion peut lier sémantiquement le réel et le virtuel et/ou prendre en compte le recalage des deux mondes réel et virtuel. Aussi avec les technologies émergentes, différents dispositifs peuvent être envisagés pour, l'estimation de pose, la visualisation (tablettes, casques, etc.) ou encore l'interaction. Ainsi, tous ces choix potentiels ont un impact certain sur l'immersion de l'utilisateur dans son environnement augmenté.

1.3 Architecture des systèmes de réalité augmentée

Dans cette partie, nous allons présenter en détail les différents composants d'un système de réalité augmentée.

- **Caméra** : permet de filmer la scène réelle.
- **Ordinateur** : chargé d'effectuer les calculs se rapportant au rendu, suivi, etc.
- **Dispositif d'affichage** : permet à l'utilisateur de visualiser la scène augmentée. Il peut être un HMD [Azuma 1997], l'écran d'une tablette, l'écran d'un Smartphone.
- **Capteurs** : différents capteurs peuvent être utilisés, comme les capteurs de localisation et de suivi : GPS, Wifi, centrale inertielle, etc.

1.3.1 Les marqueurs

Les marqueurs sont des symboles imprimés sur le papier ou les images sur lesquels les éléments virtuels se superposent. Ce contenu additionnel apparaît quand l'application de Réalité Augmentée associée reconnaît le marqueur et active l'expérience. Pour que tout fonctionne correctement, il faut que le marqueur se trouve sur une surface plate et que le dispositif soit à une distance adéquate. Dans certains cas, quand la caméra ne vise plus le marqueur, le contenu virtuel disparaît de l'écran. Dans d'autres, le marqueur est exclusivement utilisé pour activer l'expérience et la 3D reste à l'écran même si le dispositif change sa position [3].

1.3.1.2 Les types de marqueurs

Plusieurs types de marqueurs sont aujourd'hui utilisés en réalité augmentée. Les plus connus sont les marqueurs templates et les marqueurs à codes-barres 2D [Siltanen 12].

- Les marqueurs templates sont en noir et blanc et consistent en un simple motif entouré d'une bordure noire. Ce genre de marqueur est utilisé par ARToolKit 6.(Figure 2)montre un exemple de marqueurs templates.
- Les marqueurs de type codes-barres2D que l'on emploie aujourd'hui souvent en réalité augmentée, sont les QR codes. Le terme QR code est acronyme de «

Quadratic Residue Code » [Interlando 11]. Les QR codes ont été inventés en 1994 par Denso, l'une des principales compagnies du groupe Toyota. Ils ont été approuvés comme un standard ISO/IEC18004 en Juin 2000. (Figure 3) montre un exemple.

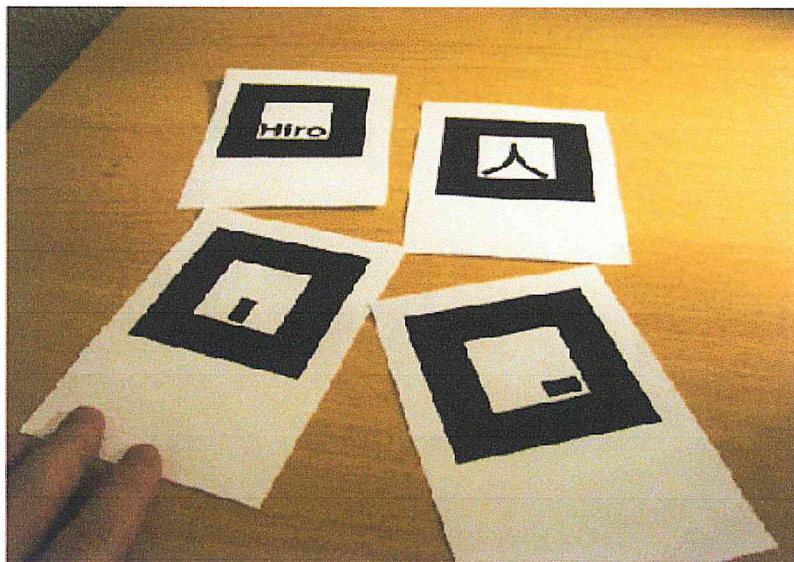


Figure 4 Marqueurs ARToolKit de type « Template »

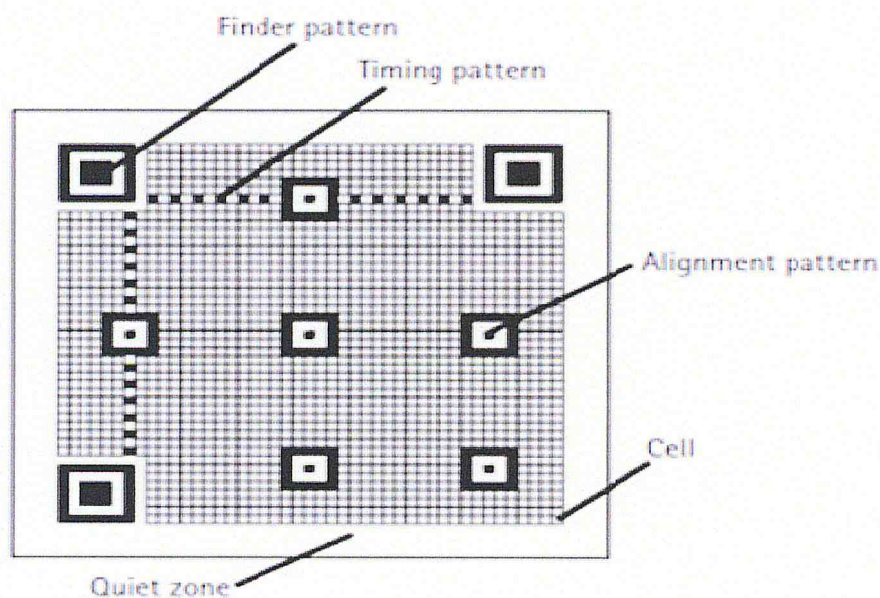


Figure 5 Structure d'un QR Code

1.3.2 Principes de fonctionnement de la réalité augmentée

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 [5].

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 [5].

Une fois cela déterminé, il est possible d'ajouter tout type d'augmentation mixant réel et virtuel. Le principe de fonctionnement peut être décomposé en quatre étapes (Figure 4).

La figure 5 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. Enfin, l'écran de la tablette ou des lunettes intelligentes affiche le contenu en réalité augmentée [5].

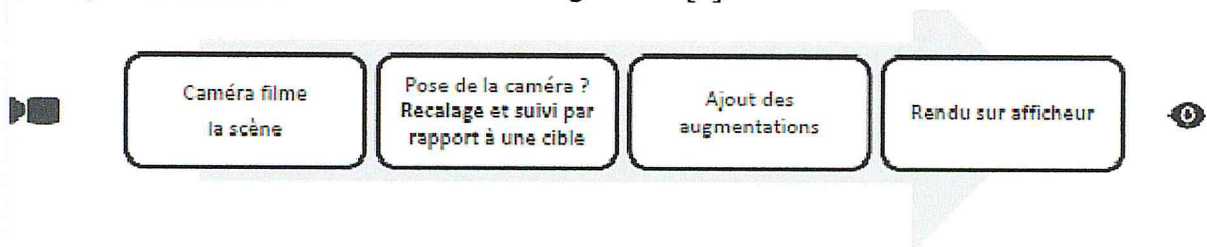


Figure 6 Principe de fonctionnement de la réalité augmentée

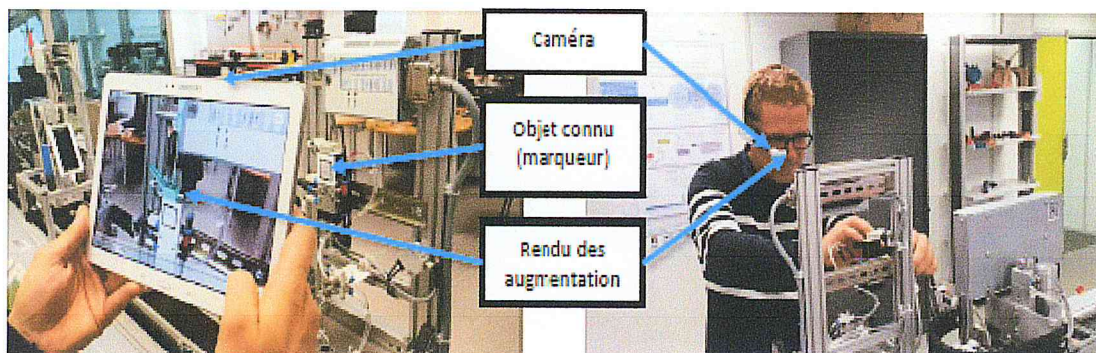


Figure 7 Principes illustrés du fonctionnement de la réalité augmentée

La seconde étape « recalage et suivi », est réalisée avec deux types d'algorithme relativement similaires [ARToolKit, 1999] [Lowe, 1999] [Comport, et al. 2006] (voir figure 5) :

- **Le 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 chercher l'objet cible dans toute l'image récupérée par la caméra

- **Le 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. Cette étape nécessite moins de temps de calcul et elle est évidemment privilégiée, une fois le recalage effectué.

1.4 Quelques applications de la réalité augmentée

Les systèmes de RA ont beaucoup évolué durant cette dernière décennie avec l'avancement technologique et l'évolution des algorithmes de traitement d'images qui répondent jusqu'à un certain point aux besoins de ce genre d'applications.

De par son originalité et sa pluridisciplinarité en matière de technologie, la réalité augmentée retrouve son application dans plusieurs domaines, on pourra citer notamment les applications potentielles dans les domaines suivants: médical, l'architecture et l'urbanisme, industrie/maintenance, robotique, militaire, etc.

Dans ce sens, les approches présentées dans ce chapitre peuvent être utilisées dans différents domaines d'application de la RA. Nous présentons dans ce qui suit quelques applications de la RA qui mettent en œuvre les outils présentés précédemment.

De nombreux travaux de RA ont été réalisés dans le domaine médical, nous pouvons citer ceux de Haouchine et associés qui proposent dans [Haouchine et al. 2013] une méthode pour augmenter la vue laparoscopique pendant la résection de la tumeur hépatique. En utilisant des techniques de réalité augmentée, les vaisseaux, les tumeurs et plans de coupe calculés à partir des données préopératoires peuvent être superposés sur la vidéo laparoscopique.

Figure 6 montres les caractéristiques visuelles qui sont suivi (image gauche), le modèle biomécanique des éléments finis du lobe du foie déformé en utilisant les points de contrôle (image du centre), et le réseau vasculaire augmenté en bleu (image de droite).



Figure 8 Superposition des vaisseaux sanguins sur la vidéo laparoscopique

Le domaine de la maintenance industrielle a profité également des avantages qu'offre la réalité augmentée. Plusieurs travaux [Didier et al. 2005], [Benbelkacem et al. 2013], [Zenati et al. 2013], [Zenati-Henda et al. 2014] et [Zenati et al. 2015] ont été proposés dans cette optique afin d'aider les techniciens à réparer et/ou maintenir leurs équipements (Figure 7).



Figure 9 Un technicien utilise le système d'aide à la maintenance par la réalité augmentée pour maintenir son véhicule

Vue la complexité des nouveaux véhicules, Volkswagen a fait appel à Metaio pour simplifier le travail de ses techniciens. Cette collaboration a donné naissance à MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance) [Stanimirovic et al. 2014]. MARTA est un système d'assistance qui permet de guider les techniciens dans leurs tâches en utilisant la réalité augmentée. Le système traque la voiture en se basant sur son modèle 3D ce qui permet de positionner les objets virtuels de manière précise (Figure 8) [4].



Figure 10 MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance)

Les fonds marins ont été également enrichis par des informations virtuelles grâce à la réalité augmentée lors du projet européen DigitalOcean1. Lors de ce dernier, des poissons virtuels, des informations multimédia et des sous-marins virtuels ont été insérés dans des piscines réelles (Figure 9), dans le but de simuler aux nageurs une plongée dans un océan réel [Bellarbi, Domingues, et al. 2013].



Figure 11 Un nageur joue en réalité augmentée dans une piscine, en utilisant le Dolphin

1.5 Avantages et inconvénients

Il existe plusieurs Avantages et inconvénients liée à la réalité augmenté

1.5.1 Avantages

La réalité augmenté possède plusieurs avantages, parmi ces avantages sont :

- **Augmenter les ventes :**

Le frein à l'achat en ligne que peut représenter l'absence de projection et de matériel est éliminé grâce à la réalité augmentée. Grâce à cette technologie, il est possible de visualiser un objet chez soi [6].

- **Enrichir des contenus :**

La réalité augmentée est un système d'ajout de données. Elle permet donc d'apporter des informations complémentaires en temps réel dans une situation définie ou dans un environnement bien précis, sans que l'utilisateur n'ait besoin de les chercher : pendant une visite touristique, lors d'un trajet en voiture ou pendant une sortie à vélo par exemple. Les avantages sont multiples pour les utilisateurs : culture, sécurité et gain de temps en tête [6].

- **Améliorer la notoriété et l'image :**

Les innovations technologiques et les nouveautés ont toujours la cote auprès des utilisateurs et des clients potentiels. Une entreprise ou une marque qui choisit de faire appel à la réalité augmentée se dote d'un levier de communication pour gagner en visibilité, mais aussi en image. En surfant sur une telle tendance, la marque ou l'entreprise peut à la fois séduire un nouveau public et fidéliser ses clients actuels [6].

- **Un équipement familier des étudiants**

Inutile de passer des heures à former les professeurs, à entraîner les étudiants et à embaucher des spécialistes de ces technologies. Puisqu'on peut visionner de la réalité

augmentée depuis son "Smartphone" ou sa tablette, ce seront les supports qui seront utilisés [7].

Le plus grand avantage de la Réalité Augmentée est l'infinité d'applications qu'elle offre dans de nombreuses activités et sur de nombreux marchés. Une multitude de possibilités d'interaction, dans une multitude de domaines, comme les applications mobiles fondées sur la géolocalisation, le cinéma, les jeux vidéo, l'architecture, la publicité, le marketing, l'éducation, la production industrielle ou la médecine. La Réalité Augmentée nous plonge dans un nouvel univers de communication, apportant une nouvelle dimension à l'impression papier [8].

1.5.2 Inconvénients

La réalité augmentée fait face à de nombreux problèmes :

- **Utilisation** : une utilisation en extérieur peut être dérangeante, car il est possible que la température ou le soleil gêne la perception de l'utilisateur. Par exemple si ce désagrément se produit lors de l'utilisation de la réalité augmentée dans le tourisme, cela peut ruiner l'expérience [1].
- **Sécurité** : une personne possédant des lunettes de réalité virtuelle peut avoir un accident dû aux informations qui s'affiche à l'écran. L'application Pokémon Go a provoqué des accidents de la route, car de nombreuses personnes jouaient en conduisant. Mais ici la technologie n'est pas à blâmer, mais plutôt le comportement qu'en fait l'utilisateur [1].
- **Confidentialité** : les lunettes de réalité augmentée utilisent une caméra pour fonctionner, ce qui permet également de filmer des personnes sans leurs consentements. Ce problème à engendré l'échec des « Google glass », car certains utilisateurs s'en servaient pour filmer des scènes privées [1].

1.6 Conclusion

L'état de l'art sur la réalité augmentée dans l'usage industriel nous a permis d'identifier de nombreux thèmes de recherche intéressés de cette technologie, on a présenté dans ce chapitre les fondements de la réalité augmentée, les différentes définitions proposées par la littérature ainsi que l'étymologie du terme, et de fonctionnement de la RA, ainsi que les outils nécessaires pour déployer une application basée sur la RA, puis nous allons mentionner quelques exemples modernes dans différents domaines qui ont développé leur propre application basée sur la RA. Finalement nous avons cité les avantages et les inconvénients de la RA.

Streaming dans les réseaux IP

1. Introduction

Les infrastructures pilotées par Internet Protocole (IP) offrent un énorme potentiel à un large éventail d'applications. La technologie numérique à destination de l'éducation des entreprises, du gouvernement, de l'industrie et de la sécurité peut bénéficier de la technologie IP.

Désormais omniprésente pour transporter la vidéo, l'audio et les graphiques, quelle que soit la distance. Donc, les utilisateurs terminaux peuvent lancer /établir (des appels voix et vidéo, conversation textuelle) sur IP (VoIP) via des protocoles d'établissement et de gestion des sessions. Ces protocoles fournissent des métriques de qualité sur les visioconférences, la télé médecine et d'autres applications de téléphonie à large bande (VoBB).

Dans ce travail, nous allons définir la pile protocolaire IP et ces fonctionnalités ainsi que les protocoles utilisés dans le streaming de vidéo et de l'audio. Nous allons définir et analyser la procédure d'établissement de l'appel avec le protocole H.323 et son concurrent le protocole SIP. De plus, nous allons étudier les protocoles utilisés dans le transfert de données multimédia RTP (real time protocole), le protocole utilisé pour le contrôle de streaming RTCP (real time control protocole), le protocole RTSP (real time streaming protocole) pour passer les commandes (Play, Pause, etc.) entre les utilisateurs finaux, et le protocole RTMP, c'est le concurrent du protocole RTP, ce protocole est devenu un protocole antique pour le streaming. Finalement nous allons définir le protocole SCTP qui est un protocole utilisé dans le transport de flux de données, en plus, nous allons illustrer l'architecture ICE qui est utilisé pour résoudre le problème de passer par le NAT en utilisant un serveur STUN et TURN.

3. Streaming dans les réseaux IP

La radio sur l'internet autrement dit streaming ou Web radio permet aux utilisateurs éloigné de se connecté est d'établir des sessions multimédia.

3.1 Les protocoles de signalisation

Jusqu'à présent, il existe trois standard ou protocoles qui permettent la mise en place d'un service VoIP. Le plus connu est le standard H.323, plus ancien le MGCP (media Gateway control protocole) et le plus récent SIP. Notre étude sera basée sur les protocoles les plus utilisés : H323 et SIP.

3.1.2 Le Protocole SIP

SIP signifie «Session Initiation Protocol». C'est un protocole standard ouvert de télécommunications multimédia (son, message, vidéo, etc.). Il est actuellement le protocole le plus utilisé pour la téléphonie par internet ou Voix sur IP (VoIP) [H].

3.1.2. A Les Fonctions

Le protocole SIP ressemble au protocole http, il est à base de texte, ouvert et flexible il permet de :

Modifier, établir, ou déterminer une session multimédia qui peut être un appel téléphonique entre deux équipements. Des messages sont ainsi envoyés, pour accepter ou refuser un appel, indiquer une occupation, pour l'identifier ou pour choisir un mode de compression (Codec). Les messages peuvent être beaucoup plus complexes en cas de transfert d'appel, de conférence etc. [H].

3.1.2. B Architecture SIP

Le SIP définit également une architecture composée de trois types d'équipements qui vont dialoguer en SIP (Figure 12) [H]:

- Des Users Agents** (ce sont des téléphones, des soft phones, des caméras vidéo etc. donc des équipements qui peuvent communiquer entre eux).

- Des Registrar** dont le rôle est de mémoriser l'emplacement (adresse IP) des User Agents. Les User Agents ont la charge de s'identifier à l'aide de leur URI SIP très similaire à une adresse email).

Exemple : sip:33172387701@keyyo.net) et de signaler leur emplacement auprès du Registrar.

- Des Proxy SIP** qui sert d'intermédiaire entre deux User Agents. Le proxy interroge alors le Registrar pour localiser le destinataire puis relaye les messages entre les User Agents.

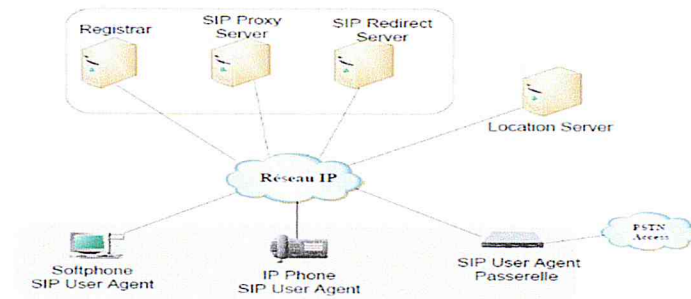


Figure 12 Architecture SIP

3.1.3 Le Protocole H.323

Le standard H.323 a été conçu par l'ITU-T. Il spécifie les composants, protocoles et procédures permettant la mise en place d'un service multimédia sur un réseau à transmission par paquets (LAN, WAN, etc.). H.323 fait partie d'une série de recommandations qui, toutes décrivent des transmissions multimédia mais sur des réseaux différents. H323 transmet des informations multimédia sur des réseaux à paquets commutés sans garantie de bande passante.

Ce standard est valable pour la VoIP car il permet de transmettre uniquement la voix et des données. Il est constitué par un ensemble de protocoles permettant des communications entre plusieurs équipements basés sur le modèle H.323. C'est une famille de protocoles qui sont utilisés pour l'établissement ou la clôture d'un appel, l'enregistrement des postes, l'authentification des utilisateurs, ainsi que bien d'autres services. Ceux-ci sont transportés sur un réseau IP à travers des protocoles TCP ou UDP [1].

3.1.3. A L'architecture H.323

Le H.323 définit également une architecture composée de 4 types d'équipements qui vont dialoguer en H.323 (voir figure 13):

•Le terminal

Le terminal H.323 est soit un téléphone, soit un ordinateur muni d'une carte son et d'un micro, soit d'un appareil tournant sur le modèle H.323 et exécutant des applications audio. Eventuellement le terminal peut être doté d'un système de transmission d'images et de données mais ce n'est pas obligatoire. Cet appareil joue un rôle clef dans la VoIP car, c'est à partir de lui que sont émises et reçues les conversations d'utilisateurs. Ainsi donc, le rôle premier du standard H.323 est de permettre les échanges entre les terminaux.

Le transport des informations multimédia issues du terminal est assuré par l'intermédiaire du protocole RTP (real-time transport protocole) et ensuite par la couche transport et l'interface réseau [1].

•

Le Gateway

Le Gateway est l'appareil qui permet d'interconnecter deux réseaux dissemblables.

- **Gatekeeper**

Le Gatekeeper est considérée comme le cerveau du réseau H.323. Il s'agit d'un point de focalisation pour tous les appels du réseau H.323. Bien qu'il ne soit pas nécessaire, le Gatekeeper est un objet commode du réseau H.323. C'est celui qui se charge d'autoriser les appels d'authentifier les utilisateurs, d'établir une comptabilité de contrôler la bande passante, il peut également fournir des services de routage. Un Gatekeeper administre un ensemble de réseaux de terminaux [I].

Le MCU (multipoint control unit)

Le MCU fournit un support pour une conférence entre trois ou plusieurs terminaux. Chacun des terminaux désirant participer à la conversation doit s'enregistrer auprès du MCU. C'est le MCU qui négocie, entre les terminaux, les codecs à utiliser durant la conférence. Il se charge également de signaler à chacun des terminaux s'il s'agit d'une audio conférence ou d'une vidéo conférence [I].

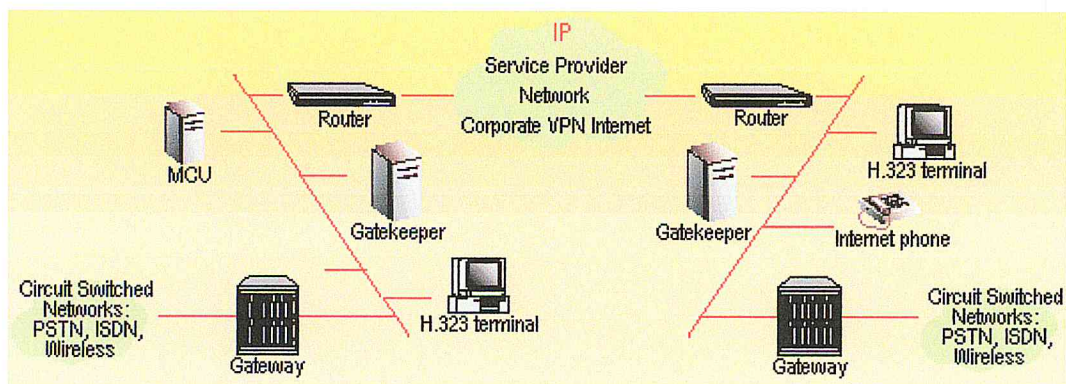


Figure 13 Architecture de H.323

3.1.4 Etude comparative entre SIP et H.323

Les deux protocoles dans la transmission des flux media utilisent RTP et le RTCP. Contrairement à H.323, SIP laisse aux développeurs les spécificités des implémentations de fonctionnalités, ce qui leur confère une grande flexibilité lors de la conception ou de l'utilisation du protocole. SIP est également un protocole plus simple que H.323, et il nécessite moins de messages pour établir une session.

H.323 nécessite un nombre relativement important d'échanges de messages pour établir et gérer des sessions, mais il est également très fiable. En raison de la flexibilité et de l'extensibilité de SIP, il a rapidement pris de l'ampleur chez les premiers fournisseurs de systèmes de téléphonie IP, en particulier ceux qui offrent des plates-formes pour les services de téléphonie hébergés [J].

3.2 Les Protocoles de transfert de flux multimédia

Il existe plusieurs protocoles garantissent la transmission de flux multimédia entre les utilisateurs distants qui utilisent des applications Peer to Peer.

3.2.1 Le Protocole RTP

RTP (real time transport protocole) fournit des fonctions de transport de bout en bout pour les applications temps réel sur des services réseaux multicast ou unicast [K] :

- conférence audio, vidéo interactive.
- diffusion vidéo, audio.
- simulation.

3.2.1. A Format du paquet

L'en-tête d'un paquet RTP (RTP header) est obligatoirement constitué de 12 octets (Figure 14)

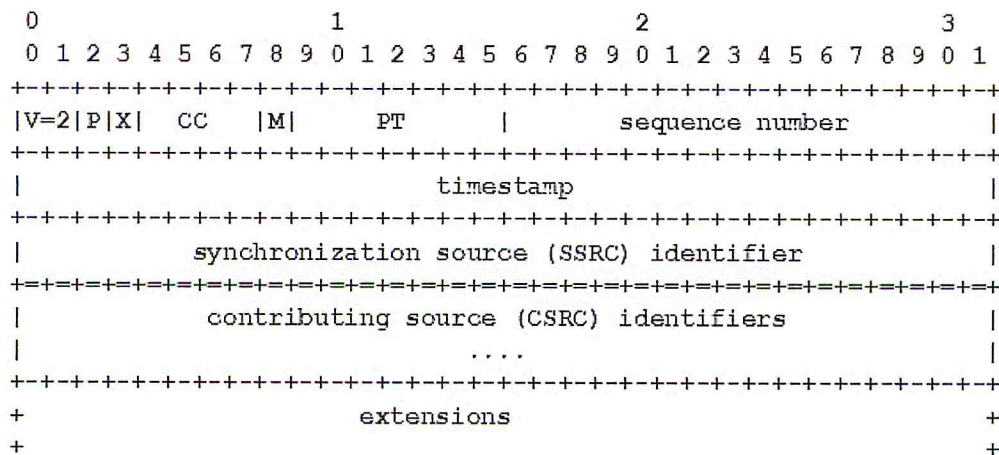


Figure 14 Entête RTP

- version V : 2 bits, V=2
- padding P : 1 bit, si P=1 le paquet contient des octets additionnels de bourrage. (padding) pour finir le dernier paquet.
- extension X : 1 bit, si X=1 l'entête est suivie d'un paquet d'extension.
- CSRC count CC : 4 bits, contient le nombre de CSRC qui suivent l'entête.
- marker M : 1 bit, son interprétation est définie par un profil d'application (profile).
- payload type PT : 7 bits, ce champ identifie le type du payload(audio, vidéo, image, texte, html, etc.)

- séquence number : 16 bits, sa valeur initiale est aléatoire et il incrémente de 1 à chaque paquet envoyé, il peut servir à détecter des paquets perdus.
- Timestamp : 32 bits, reflète l'instant d'échantillonnage du premier octet du paquet.
- SSRC: 32 bits, identifie de manière unique la source, sa valeur est choisie de manière aléatoire par l'application.
- CSRC : 32 bits, identifie les sources contribuant.

3.2.1. B Avantage

Parmi les avantages nécessaires de RTP [K]:

- reconstituer la base de temps des différents flux multimédia (audio, vidéo...).
- détecter les pertes de paquets.
- identifier le contenu des paquets pour leur transmission sécurisée.

3.2.1. D Inconvénients

Il y a des inconvénients liés aux réseaux [K]:

- ne permet pas de réserver des ressources dans le réseau.
- ne permet pas d'apporter une fiabilité dans le réseau.
- ne garantit pas le délai de livraison.

3.2.2 Le Protocole RTCP

RTCP (Real-time Transport Control Protocol) accompagne RTP. Il assure un trafic de contrôle : c'est un "feedback" pour l'émetteur sur la qualité de transmission et d'autres informations.

Il est basé sur la transmission périodique de paquets de contrôle à tous les participants dans une session. Il utilise le même mécanisme de distribution que les paquets de données (Figure 15) [K].

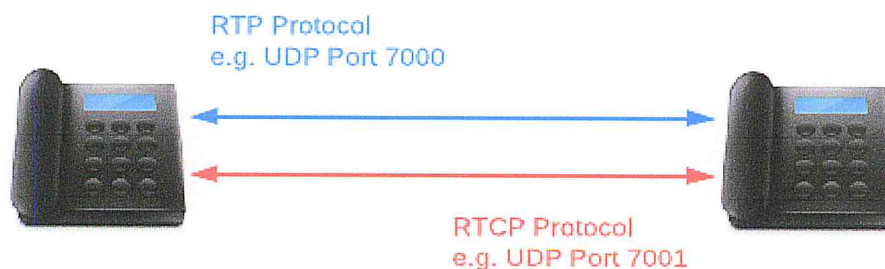


Figure 15 Exemple de RTCP

3.2.2.A Les fonctions

Le RTCP fournit plusieurs fonctions [K]:

- Fournir des informations sur la qualité de la session :

Information en retour pour une source (feedback) permet à une source de changer de politique met en évidence des défauts de distribution individuels, collectifs.

- Garder une trace de tous les participants à une session CNAME (Canonical Name) :
- Identifiant unique et permanent pour un participant SSRC (Synchronisation Source Identifier).
- Transmettre des informations de contrôle sur la session (optionnel) exemple :

Identifier un participant sur les écrans des participants.

3.2.2. B Format du paquet

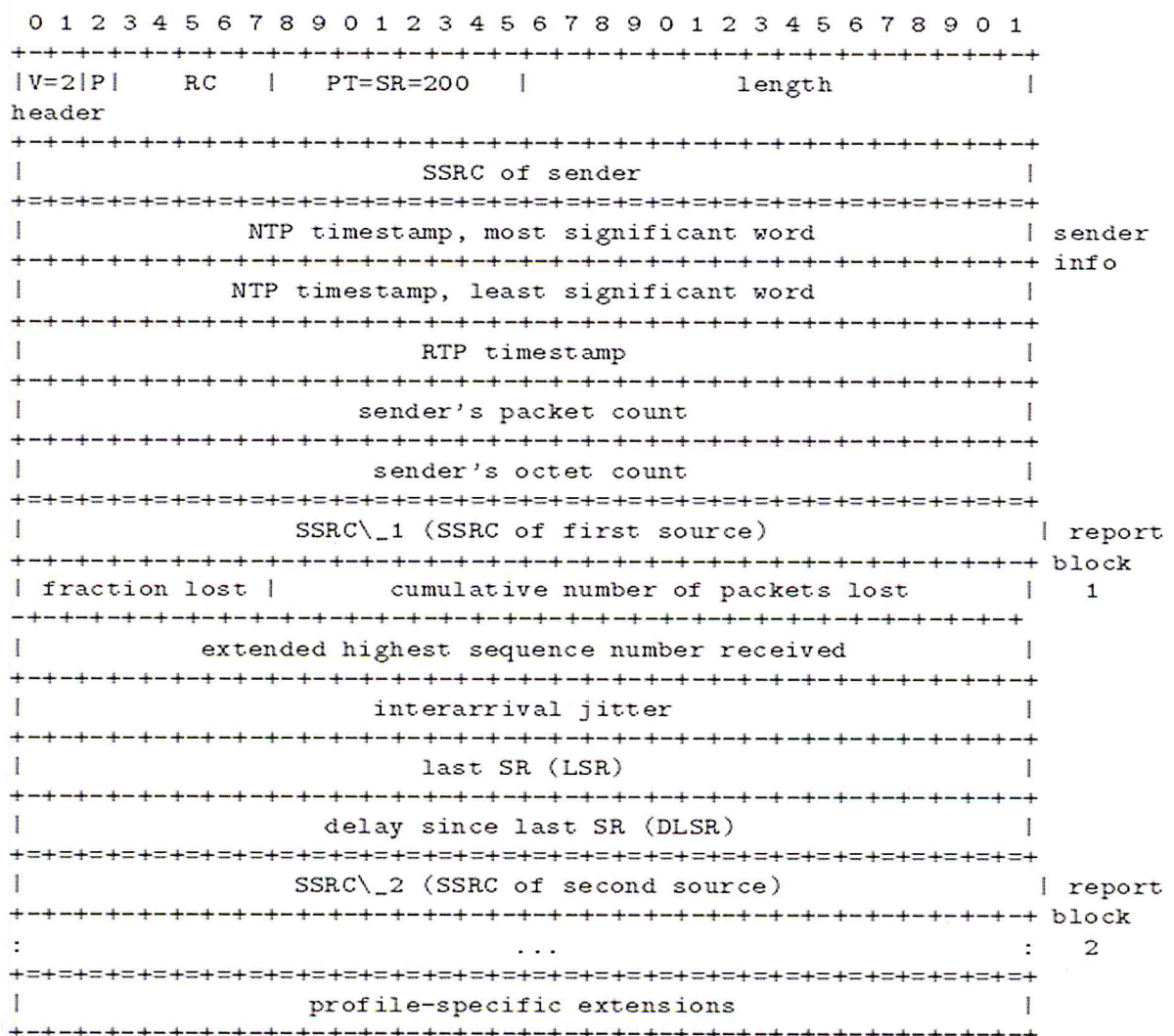


Figure 16 Format du paquet RTCP

Il existe 5 types de paquets RTCP pour transporter des informations de contrôle [K]:

- SR : Sender Report, transmission de statistiques des participants actifs en émission.
- RR : Receiver Report, transmission de statistiques des participants passifs.
- SDES : Source Description items (CNAME, NAME, EMAIL, PHONE,...).
- BYE : Fin de participation.
- APP : fonctions spécifiques à l'application.

3.2.3 Le Protocole RTSP

RTSP (Real Time Streaming Protocol) permet de contrôler la distribution de flux multimédias (streaming) sur un réseau IP. C'est un protocole de niveau applicatif prévu pour fonctionner sur des protocoles tels que RTP/RTCP [L].

Les flux peuvent provenir soit de clips stockés soit d'une source temps réel (caméra, micro). RTSP a été développé par Real Networks, Netscape et l'Université de Columbia. Il est implanté sur les produits de ces sociétés [L].

3.2.3. A Fonctions de RTSP

Le RTSP fournit plusieurs fonctions et les plus importants sont [L] :

- Offre des fonctions de type magnétoscope à distance (lecture, pause, avance rapide, rembobinage rapide, arrêt...). Il peut être utilisé pour rechercher un média sur un serveur de médias, inviter un serveur de médias à rejoindre une conférence (dans le e-learning par exemple), ou ajouter un média à une présentation existante.
- Utilisé aussi bien dans des applications unicast que multicast.
- Peut contrôler et synchroniser plusieurs flux audio ou vidéo. Il ne fournit pas lui-même le flux qui est à la charge d'autres protocoles comme RTP.

Exemple des commandes RTSP :

```
SETUP rtsp://video.foocorp.com:554/streams/example.rm RTSP/1.0
```

```
Cseq: 3
```

```
Transport: rtp/udp;unicast;client_port=5067-5068
```

```
DESCRIBE rtsp://video.foocorp.com:554/streams/example.rm RTSP/1.0
```

```
Cseq: 2
```


3.2.4 Le Protocole RTMP

Le protocole RTMP (Real Time Messaging Protocol) a été conçu pour diffuser les médias sur les réseaux. Le protocole de contrôle de transmission garantit la remise pour chaque paquet dans le flux multimédia. Ceci est accompli par une série de délais et de récupérations, mais cela les rend plus complexes à implémenter.

Cela signifie que s'il y a des données perdues sur le réseau, le flux multimédia se bloque pendant que les gestionnaires de protocole détectent la perte et retransmettent les données manquantes.

La multidiffusion IP envoie une seule copie du flux multimédia sur la connexion réseau, le long du chemin entre deux routeurs réseau. C'est très efficace mais plus complexe à mettre en œuvre. Le principal inconvénient est que la plupart des routeurs sur internet ne prennent pas en charge IP Multicast et que de nombreux pare-feu le bloquent. Cette méthode est donc appropriée pour les grandes entreprises qui supportent leurs propres réseaux privés [M].

3.3 Les protocoles utilisés dans la couche transport

On peut utiliser les protocoles mentionnés dans la première partie (TCP, UDP) définit précédemment, plus le protocole SCTP (Stream control transport Protocol).

3.3.1 Le Protocole SCTP

Le protocole (*Stream Control Transport Protocol*) est un protocole de transport, défini en 2000 par l'IETF. Il est introduit dans la RFC3286, et est spécifié par la RFC4960. Initialement, il a été conçu et implémenté pour des applications de téléphonie sur IP, mais ses apports étant intéressants pour beaucoup d'applications, son périmètre d'utilisation s'est élargi [O].

Son but est de proposer le meilleur d'UDP et de TCP dans un même protocole, tout en apportant un nombre de nouvelles fonctionnalités [O].

Ses caractéristiques, supportées également par UDP ou TCP, sont les suivantes [N]:

- SCTP utilise des flots de messages.
- permet d'avoir plusieurs flots indépendants dans une association.

3.4 Les protocoles utilisés dans la résolution du problème de NAT

Il existe plusieurs solutions qui ont été proposé pour permettre de résoudre le problème de traverser la NAT, l'utilisation du protocole ICE avec des serveurs STUN et TURN est parmi les méthodes les plus connues.

3.4.1 ICE

Interactive Connectivity Establishment (ICE) est un cadre qui permet à votre navigateur web de se connecter avec des pairs. Il y a plusieurs raisons pour qu'une connexion directe entre un hôte A et un hôte B ne fonctionne pas. Il a besoin de contourner les pare-feu qui pourraient empêcher la connexion de s'ouvrir, il doit vous attribuer une adresse unique si votre appareil n'a pas une adresse IP publique comme la plupart du temps et transmettre des données via un serveur si votre routeur ne permet pas de vous connecter directement avec des pairs. ICE utilise certaines des techniques suivantes décrites ci-dessous (STUN et TURN) [P].

3.4.2 STUN

Session Traversal Utilities for NAT (STUN) (acronyme dans un acronyme) est un protocole qui permet de découvrir votre adresse publique et de déterminer toute restriction dans votre routeur qui empêcherait une connexion directe avec un pair.

Le client enverra une demande à un serveur STUN sur internet qui répondra avec l'adresse du client public et informera si le client est accessible derrière un routeur NAT (Figure 16) [P].

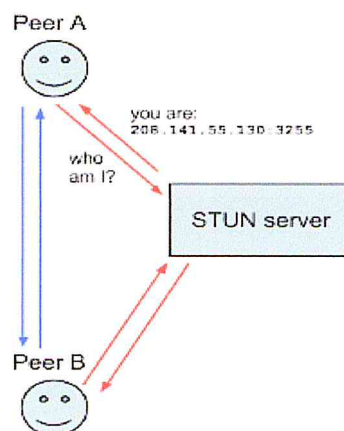


Figure 17 Architecture STUN

3.4.3 TURN

Traversal Using Relays around NAT (TURN) Doit contourner la restriction de NAT Symétrique en ouvrant une connexion avec un serveur TURN et retransmettre toutes les informations par le biais de ce serveur. Vous devrez créer une connexion avec un serveur

TURN et dire à tous les pairs d'envoyer des paquets au serveur qui vous seront alors expédiés. Cela vient évidemment avec une certaine surcharge et n'est donc utilisé que s'il n'y a pas d'autres alternatives (Figure 17) [P].

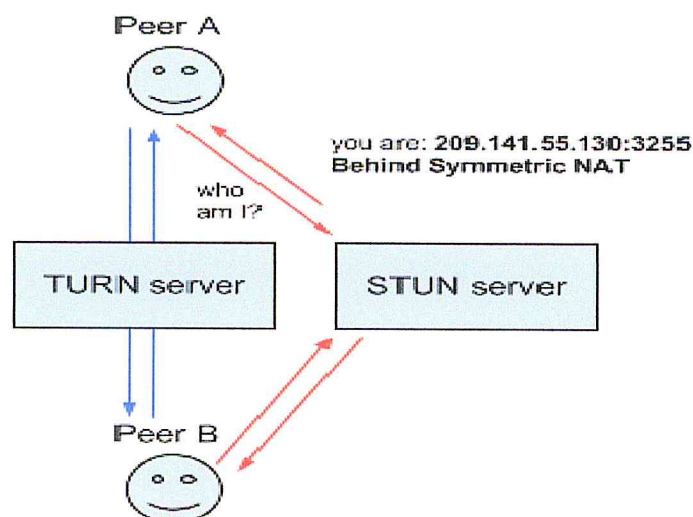


Figure 18 Architecture TURN

3.5 Qualité de Service

La QoS, ou Qualité de Service, est la priorisation de certains services utilisant les réseaux, comme la téléphonie VoIP, la messagerie, les vidéoconférences ou la vidéo-surveillance. Elle permet de classer les différents types d'applications selon leur importance, afin d'y assigner plus ou moins de bande passante, et ainsi d'optimiser le réseau et de diminuer la latence. La mise en place d'une QoS est particulièrement recommandée si le réseau gère des applications lourdes et sensibles à la latence (flux vidéo, voix, etc.) ou si vous avez des liens de faible qualité entre du matériel critique (serveurs,...etc.)[8].

3.5.1 Paramètres de QoS

La QoS est représentée par un ensemble de paramètres techniques à garantir durant une connexion. Comme exemples de ces paramètres, on peut citer :

- **La bande passante (ou débit binaire)** : C'est la quantité de données pouvant être transmise durant un laps de temps. Le plus souvent, elle est mesurée en nombre de bits/seconde (bits par seconde,- bps) ou un de ses ordres de grandeur : kilobits par seconde ou Kbps (103 bps), mégabits par seconde ou Mbps (103 Kbps), gigabits par seconde ou Gbps (103 Mbps), etc. La bande passante est un paramètre clé de la vitesse de transmission des données : plus la bande passante est élevée, plus la transmission d'un fichier sera rapide. Ce paramètre est également crucial pour les applications temps réel. Par exemple, la vidéo en direct nécessite une bande passante plancher sous laquelle on ne doit pas descendre pour garantir une transmission en temps réel des images. La contrainte de bande passante est donc une valeur seuil de bande passante disponible sous laquelle il ne faut pas descendre [8].

– **Le délai (ou latence)** : C'est le temps qui sépare l'émission d'un paquet de données de l'arrivée à sa destination. Il est mesuré en secondes ou un de ses ordres de grandeur (de quelques millisecondes pour les transmissions nécessitant une très grande réactivité à plusieurs minutes pour les applications tolérantes aux délais). Une contrainte de délai définit un temps maximum à ne pas dépasser pour tous les paquets. Les applications temps réel et interactives sont très sensibles au délai. Par exemple un jeu vidéo en ligne (gaming en anglais) nécessite un délai très court (non perceptible par les joueurs) pour garantir la fluidité de l'interaction entre les joueurs et avec le jeu [8].

– **Le taux de perte** : Ce paramètre représente le pourcentage de paquets de données perdus lors d'une transmission. Dans une transmission orientée connexion, la perte d'un paquet occasionne sa réémission, ce qui augmente donc le délai moyen. Dans une transmission sans connexion, le paquet perdu n'est pas forcément réémis ce qui occasionne une perte d'information. Un taux de perte élevé peut augmenter le temps de transmission d'un fichier ou dégrader la qualité d'une transmission vidéo. La contrainte de taux de perte définit un seuil à ne pas dépasser pour garantir la QoS [8].

– **Gigue (ou jitter)** : La variation de temps de transit, ou gigue de phase, est la conséquence du fait que tous les paquets contenant des échantillons de voix ne vont pas traverser le réseau à la même vitesse. Cela crée une déformation de la voix ou un hachage [9].

3.5.2 Les besoins en Qualité de Service

L'augmentation spectaculaire du trafic sur Internet ainsi que l'émergence de nouvelles applications et nouveaux services rendent le besoin de QoS de plus en plus évident. Parmi ces services, on peut citer :

– **La vidéo** : Que ce soit sous forme de vidéo à la demande (Vidéo on Demande,- VoD), de visioconférence, de streaming, etc., la vidéo impose une contrainte de bande passante minimum pour que l'image soit de bonne qualité, d'autant plus depuis l'apparition de la Haute Définition (HD). La fluidité des images dépend fortement de la gigue. De plus, si la vidéo est en direct, une contrainte de délai court va s'ajouter aux contraintes précédentes par la vidéo n'est pas « bufférisée ». L'explosion du trafic vidéo rend difficile la satisfaction de ces contraintes pour tous les utilisateurs [8].

– **La voix** : La voix a longtemps été transportée sur les réseaux téléphoniques dédiés et dimensionnés en fonction des besoins de ce type de trafic. Néanmoins, la Voix sur IP (VoIP) s'impose et est de plus en plus utilisée par les opérateurs téléphoniques. Certaines applications sont directement proposées sur Internet (Skype, Google Voice, etc.). Or, le réseau Internet n'a pas été conçu à la base pour transporter de la voix [8].

3.6 Les CODEC s

Un codec est un périphérique matériel ou un processus logiciel qui compresse et décompresse de grandes quantités de données utilisées dans la voix sur IP, la vidéo conférence et les médias en continu[14].

3.6.1 Fonctionnements de CODEC

Le travail principal d'un codec est la transformation et l'encapsulation des données pour la transmission sur un réseau. Les codecs vocaux et vidéo utilisent un algorithme logiciel fonctionnant sur un processeur commun ou dans un matériel spécialisé optimisé pour l'encapsulation et la décapsulation de donnée.

Les codecs prédictifs utilisent un algorithme pour convertir les données en une séquence d'octets pour une transmission facile sur un réseau de données, puis convertissent la séquence d'octets en voix ou en vidéo pour la réception au niveau du point de terminaison [14].

4. Conclusion

Ce chapitre définit les fameux protocoles dans le streaming aux réseaux IP, notre architecture ou bien modèle qu'on va le définir dans le chapitre suivant pour notre application d'assistance de e-maintenance utilise les meilleurs de ces protocoles qui répondent à nos besoins pour une communication temps réel, notre choix doit prendre en considération l'utilisation de la technologie de la réalité augmentée.

Conception du Système d'E-Maintenance

1. Introduction

Ce chapitre présentera dans la première partie notre choix des protocoles utilisés dans la conception ou bien la structuration de notre architecture. Cependant, et dans la deuxième partie, il illustrera le processus de développement utilisé tout au long de notre projet pour la mise en œuvre du système proposé. Essentiellement, nous détaillerons l'étude conceptuelle de notre système en se basant sur le processus de développement UP (Unified Process) avec l'utilisation de langage de modélisation UML.

L'objectif de notre travail est de réaliser un système téléassistance d'aide à la maintenance. Ce 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.

2. Architecture réseaux et les protocoles utilisés

Quand un développeur veut construire un modèle ou proposer une architecture pour une application téléassistance temps réel, il doit trouver des réponses à ces questions : comment localiser l'expert pour le contacter ? Comment établir une communication entre deux utilisateurs (création d'une session multimédia) pour échanger les données (flux multimédia) ? Comment les données sont transférées ou bien qu'elles sont les protocoles qu'on devra choisir pour échanger les données ? Comment gérer les sessions établis ?

Dans la phase suivante, on va répondre à ces questions en définissant notre modèle proposé et les protocoles choisis pour mettre en œuvre cette architecture.

➤ Localisation de l'expert pour établir une de connexion

La solution pour localiser l'expert repose sur la mise en place d'un serveur de signalisation qui va prendre 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 ces propres informations (id, username, adresse, etc.) au serveur de signalisation pour l'informer de sa disponibilité et pour faciliter aux autres utilisateurs de localiser sa position.

Remarque :

La localisation dans ce contexte signifie l'adresse et le port de l'hôte.

Premièrement, on a voulu utiliser le protocole SIP pour faire la phase de signalisation, c'est le protocole le plus adapté à ces fonctionnalités (multimédia) dans les

réseaux IP, contrairement au protocole h323 qui est plus adapté au réseau téléphonique. Mais à cause de son architecture compliquée et ces différentes phases de fonctionnalités qui vont augmenter la complexité de la tâche d'implémentation, on a décidé de construire notre propre serveur de signalisation qui garantisse les différentes fonctionnalités nécessaires.

Le schéma ci-dessous (Figure 18) explique notre approche de signalisation qui permet aux utilisateurs d'annoncer leur disponibilité.

Identification Technicien/Expert

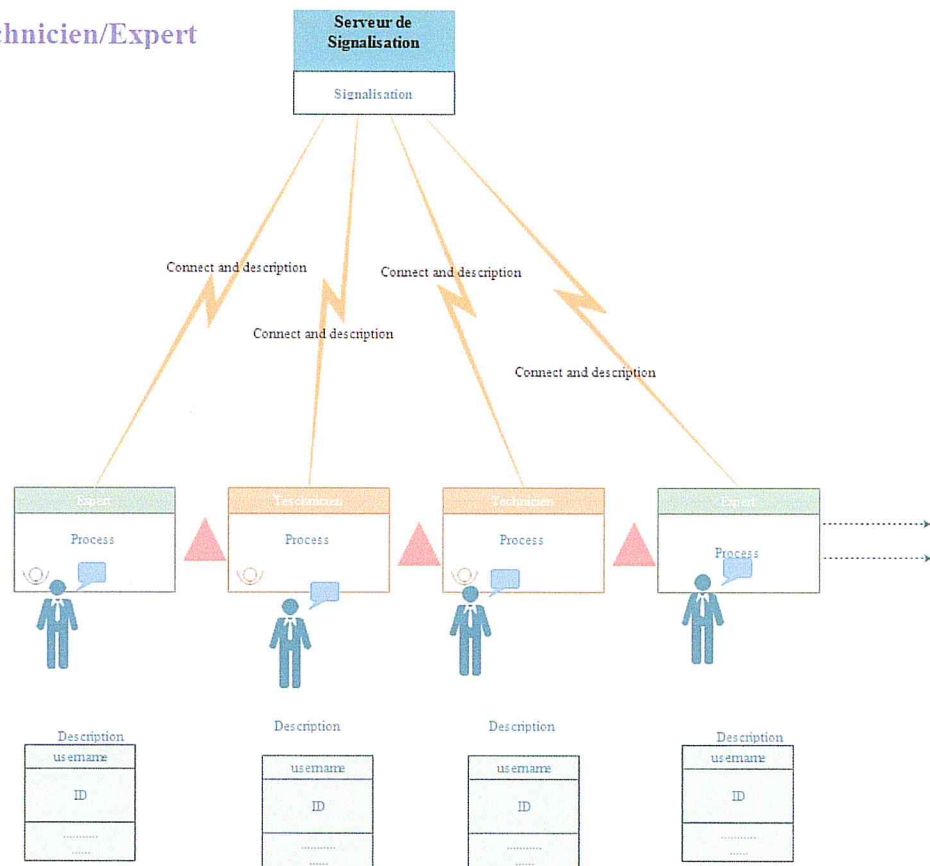


Figure 19 Localisation des utilisateurs

➤ Établir une connexion entre l'expert et le technicien

La deuxième fonctionnalité qui va être assurée par le serveur de signalisation est la création d'une session multimédia (Comment un technicien peut contacter et échanger les données avec un expert qui n'a pas son adresse réseaux sans ambiguïté).

Quand un technicien contacte un expert, il envoie son id avec la description de la session (vidéo, audio, conversation textuelle, codecs acceptés, etc.), dans le message Offre, au serveur de signalisation, le serveur de signalisation cherche l'expert concerné par cette offre pour l'informer qu'il reçoit une demande pour assister un technicien, la phase d'établissement de la connexion entre le technicien et l'expert est bien expliqué dans le schéma suivant (figure 19).

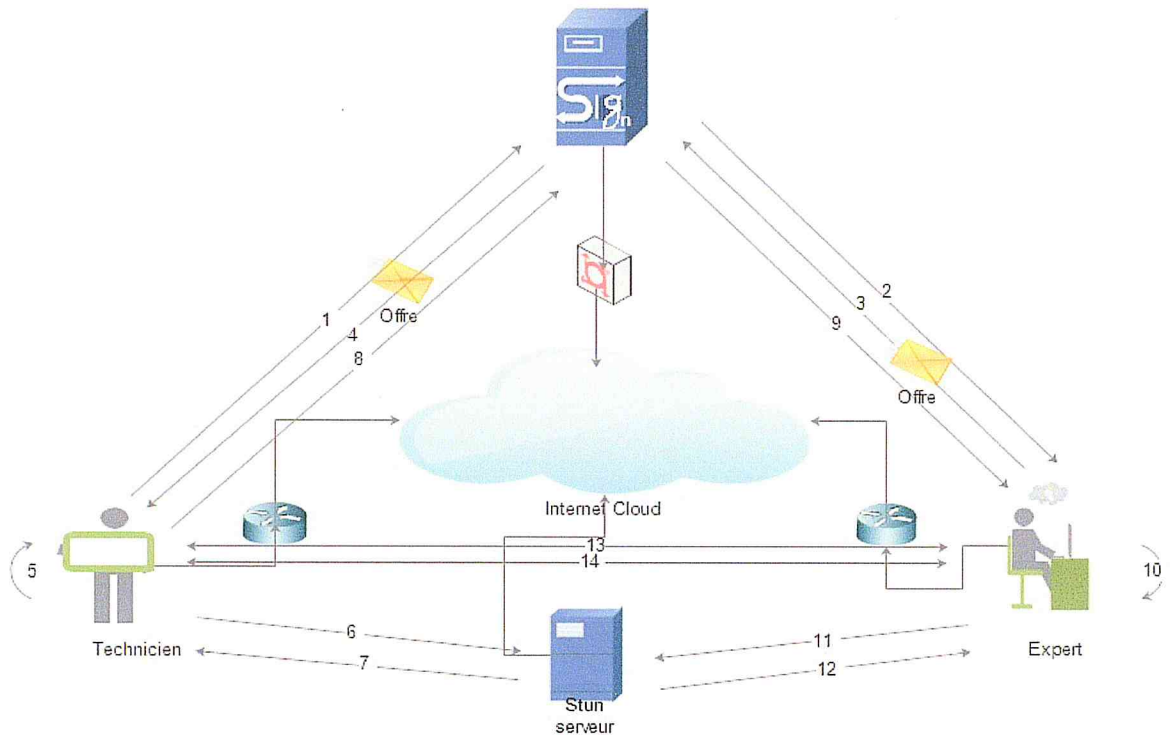


Figure 20 Connexion entre deux utilisateurs

- 1-Envoyer l'offre au serveur de signalisation.
- 2-Envoyer l'offre à l'utilisateur destinataire.
- 3-Renvoyer l'Answer de l'offre au serveur de signalisation.
- 4-Envoyer le résultat au l'utilisateur expéditeur.
- 5-Créer des serveurs pour le flux multimédia.
- 6-Contacter un serveur STUN pour récupérer les ports publics des serveurs.
- 7-Récupérer les ports publics des serveurs.
- 8-Envoyer les numéros de port dans l'offre au serveur signalisation.
- 9-Envoyer les numéros de port dans l'offre à l'utilisateur destinataire.
- 10-Créer des serveurs pour le flux multimédia.
- 11-Contacter un serveur STUN pour récupérer les ports publics des serveurs.
- 12-Récupérer les ports publics des serveurs.
- 13-Commencer la session RTSP pour transmettre/recevoir les commandes.
- 14-Commencer le transfert des données.

➤ Transfert de données et les protocoles utilisés

Nous allons utiliser le protocole RTP pour prendre en charge la transmission des flux multimédia et les données dans le réseau, c'est un protocole efficace dans ces fonctionnalités et facile à implémenter et au traitement, car il contient plusieurs champs

dans son en-tête qui facilite le traitement (identification des paquets, ordonnancement des paquets, etc.).

Le contrôle de la qualité de services est géré par le protocole RTCP, Le RTCP travaille en parallèle avec le RTP, c'est un protocole qui permet la détection de perte des paquets, l'augmentation et la diminution de la qualité (audio/vidéo) et d'autres fonctionnalités tel que la détection de la congestion.

Les protocoles de la couche transport utilisés sont : le protocole TCP dans la transmission des messages textuelle comme dans le cas avec le serveur de signalisation, dans le transfert de la vidéo et l'audio on a utilisé le protocole UDP à cause de sa rapidité.

Dans l'envoi des images de vidéos, on a utilisé la compression JPEG pour diminuer la taille de l'image, pour faciliter la transmission, mais quand le socket datagramme est en train d'envoyer un paquet (l'image dans notre cas) il vérifie le MTU(maximum transmission unit) pour voir la taille maximum de données qu'il peut contenir chaque paquet, et vérifie cette valeur avec la taille de données (l'image), et si la taille est plus grande donc il doit fragmenter le paquet à un ensemble des paquets avec des tailles de données qui ne dépassent pas le MTU, mais ça va poser un problème quand le socket va envoyer l'ensemble des paquets construits, on ne sait pas s'il y a une perte de paquet (UDP ne garantit pas cette fonctionnalité).

Nous allons proposer une méthode de fragmentation, on utilisant le protocole RTP, on fragmentant le paquet complet (image) à un ensemble des paquets avec une taille de données ne dépassant pas 1472 octets et on utilisant le protocole RTP dans la réception pour réassembler l'ensemble des paquets pour obtenir le paquet initial (image complète), et pour détecter s'il y a une perte de paquet, donc on a la possibilité de ré-envoyer des paquets ou de négliger ou bien d'attendre un paquet qui n'est pas encore arrivé.

Dans l'ajout et la manipulation des objets 3D, nous allons utiliser la bibliothèque NyARToolkit qui se base sur la détection de position des marqueurs dans l'image pour pouvoir ajouter des objets 3D. Mais quand la qualité des images transmises est faible, le système ne peut pas détecter les marqueurs dans l'image. Les valeurs de position des marqueurs sont stockées dans une matrice appelée matrice de transformation (dans le système de technicien), donc nous avons besoin de transmettre cette matrice à l'expert pour lui permettre de détecter la position des marqueurs, on a fusionné cette matrice avec l'image avant la transmission, de ce fait, l'image reçue d'après l'expert contient la position des marqueurs.

Remarque 1 : En réseau informatique, l'unité de transmission maximale (MTU) est la taille de la plus grande unité de données de protocole (PDU) pouvant être communiquée dans une seule transaction de couche réseau

Remarque 2 : la taille minimum de MTU est de 1500 octets $\{1500-20(\text{IP header})-8(\text{UDP header}) = 1472 \text{ octets}\}$, $\{1472-12(\text{RTP header}) = 1460\}$, donc chaque paquet contient 1460 octets de données [Q].

Remarque 3 : Le vidéo est un ensemble des images capturées lues par le dispositif d'affichage de façon consécutives.

➤ Gestion des sessions multimédia

Pour gérer les sessions multimédias, le protocole RTSP est le plus efficace pour envoi/réception des commandes concernant le contrôle de session multimédia établis précédemment, plus qu'il assure la transmission des commandes de multimédia (Setup, Pause, Play, etc.), il offre la possibilité d'ajouter des autres commandes, comme dans notre cas, nous avons besoin d'un protocole pour transmettre des commandes concernant la réalité augmentée (ajout des objets 3d, envoi des notifications, etc.)

3. Analyse des besoins

Dans cette phase, nous allons citer les besoins de notre système et identifier les acteurs du système.

3.1 Recueil des besoins fonctionnels

Nous avons effectué plusieurs recherches et entretiens pour identifier au mieux les fonctionnalités de l'application et ceci afin de répondre aux besoins et aux attentes des utilisateurs (intervenants). Dans ce cas, nous avons effectué la collecte des informations au sein du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA).

Les besoins fonctionnels dégagés de nos recherches sont élaborés comme suit :

- Les interventions de maintenance se font entre des techniciens et des experts se situant dans des lieux distants, un technicien est muni d'un PC relié à une borne Wifi connectée à Internet et une caméra pour filmer la scène réelle avec un dispositif d'affichage, alors que l'expert est muni d'un ordinateur connecté au réseau Internet.
- Lorsqu'un technicien veut faire une tâche de maintenance et il n'arrive pas à trouver une solution, il s'exécute l'application et cherche un expert distant disponible pour l'assister dans la réparation de la panne qui s'est produite.

3.2 Identification des acteurs du système

Un acteur est une entité externe qui agit sur le système (opérateur, autre système, etc.) et qui peut consulter ou modifier l'état du système. Les acteurs sont :

➤ Administrateur :

C'est une personne chargée de la gestion des comptes :

- Il identifie des techniciens et des experts.
- Il met à jour les informations personnelles des techniciens et des experts.
- Il contrôle l'accès des utilisateurs (techniciens et experts).

➤ Technicien :

C'est la personne qui agit sur le terrain.

- Il contrôle l'équipement en panne et diagnostique ensuite la panne et sa cause.
- effectue des tâches de maintenance.
- En cas ou la panne, il n'est pas résolu, il peut chercher un expert disponible pour l'assister.
- il doit être qualifié pour l'utilisation des outils du système d'e-maintenance.

➤ Expert :

C'est un utilisateur qui a un niveau d'expérience et des compétences élevées dans son domaine.

Il doit être capable de recevoir et de traiter les demandes d'aides envoyées par les autres utilisateurs du système (techniciens). Outre qu'il doit être qualifié pour l'utilisation des outils du système d'e-maintenance.

4. Elaboration des cas d'utilisation

Dans cette phase du processus, on présentera les différents cas d'utilisation, plus l'architecture générale du système qui sera réalisé.

4.1 Identification des cas d'utilisation

A partir des fonctionnalités du système établies, nous dégageons un ensemble de cas d'utilisation que nous présentons dans le tableau suivant (Figure 20):

Cas d'utilisation	Acteur	Messages émis/reçus par les acteurs
Accès au Système	Administrateur Technicien Expert	Emet : demande d'authentification. Reçoit : l'accès à l'espace personnel.
Ajouter un compte d'un intervenant	Administrateur	Emet : demande d'inscription. Reçoit : validation d'inscription.
Modifier un compte d'un intervenant	Administrateur	Emet : demande de modification. Reçoit : données modifiées.

Supprimer un compte d'un intervenant	Administrateur	Emet : demande de suppression. Reçoit : compte supprimé.
Rechercher la liste des experts en ligne	Technicien	Emet : demander la liste d'expert en ligne. Reçoit : une liste qui contient tous les identifiants des expert en ligne.
Demander l'aide de l'expert	Technicien	Emet : demander l'expert à envoyer une offre (vidéo audio chat). Reçoit : offre accepter/refuser.
Accepter une demande d'aide d'un technicien	Expert	Emet : accepter l'offre d'un technicien. Reçoit : informations concernant l'établissement de l'appel.
Refuser une demande d'aide d'un technicien	Expert	Emet : Refus de la demande.
envoyer une procédure de maintenance	Expert	Emet : étapes de maintenance, les descriptions des étapes ...

Figure 21 Messages échangés dans le système

4.1.1 Diagrammes des cas d'utilisation

À partir du tableau (figure 20) qui présente les cas d'utilisation de notre système, nous allons détailler quelques cas d'utilisation spécifique, en plus nous allons définir le diagramme de cas d'utilisation global.

Les cas d'utilisation sont représentés par une ellipse sous-titrée par le nom du cas d'utilisation (éventuellement, le nom est placé dans l'ellipse). La mise en relation entre les acteurs et les cas d'utilisation se fait par une association représentée par une ligne.

Remarque :

Les descriptions des cas d'utilisation vont être organisées de la façon suivante :

- **Un sommaire d'identification** : va résumer les propriétés du cas d'utilisation (But, acteurs).
- **Une description des enchaînements** : des pré-conditions au déclenchement du cas d'utilisation, un scénario nominal décrivant le cas d'utilisation, et des exceptions et des post-conditions doivent être spécifiées.

- **Les diagrammes (optionnel):** plusieurs d'autres diagrammes peuvent apparaître (mais pas nécessairement) pour apporter une compréhension additive au cas d'utilisation.

4.1.1. A Diagramme de cas d'utilisation « Accès au système »

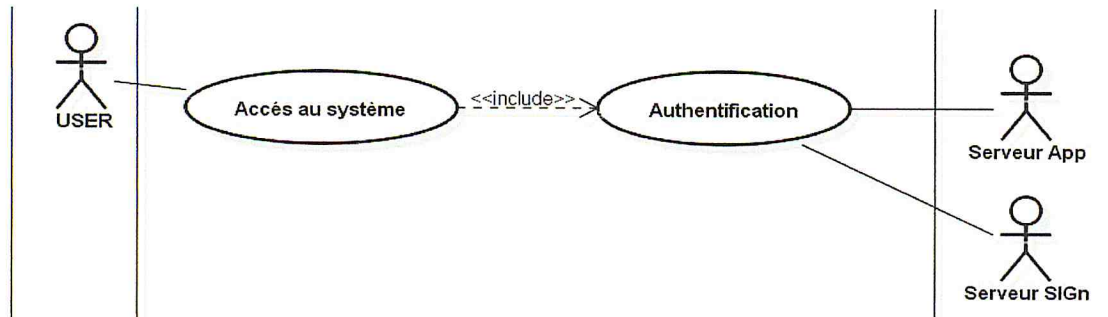


Figure 22 Diagramme de cas d'utilisations « accès au système »

- **Sommaire d'identification**

- **But :** Accéder à l'espace personnel (TechnicienEndPoint, ExpertEndPoint, Serveur Application).
- **Acteurs :** Administrateur, Technicien, Expert

- **Description des enchainements**

- **Pré-condition :** L'acteur doit avoir un compte.
- **Scénario nominal :** Ce cas d'utilisation commence lorsque l'acteur veut accéder au système. L'acteur saisit les informations (login, mot de passe).
- **[Exception1 : champ obligatoire] :** le système va déclencher une exception sur un champ obligatoire en envoyant un message d'erreur a l'acteur qui l'informe qu'un champ n'est pas rempli.
- **[Exception2 : champ invalide] :** le système va déclencher un message d'erreur sur la validité du login de l'utilisateur ou du mot de passe.
- **Post-condition :** Accéder à l'espace personnel de l'acteur: (i). le système informe le serveur de signalisation que l'utilisateur est disponible, (ii). le serveur application ajoute l'utilisateur à la liste des utilisateurs connectés.

4.1.1. B Diagramme de cas d'utilisation « Liste des experts disponibles»



Figure 23 Diagramme de cas d'utilisations «Liste des experts Disponible»

- **Sommaire d'identification**

- **But** : récupérer la liste des experts disponibles.
- **Acteurs** : Technicien

- **Description des enchainements**

- **Pré-condition** : L'acteur doit s'authentifier.
- **Scénario nominal** : Ce cas d'utilisation commence lorsque le technicien demande la liste des experts disponible : (i) Le système envoie une requête au serveur application, (ii) Le serveur récupère les noms et les identificateurs des experts en ligne et le renvoie au système (TechnicienEndpoint), (iii) Le système visualise le résultat au technicien.
- **[Exception1 : Liste vide]** : le système va déclencher un message (liste vide).
- **Post-condition** : liste des experts est visualisés.

4.1.1. C Diagramme de cas d'utilisation «Créer une procédure de maintenance»

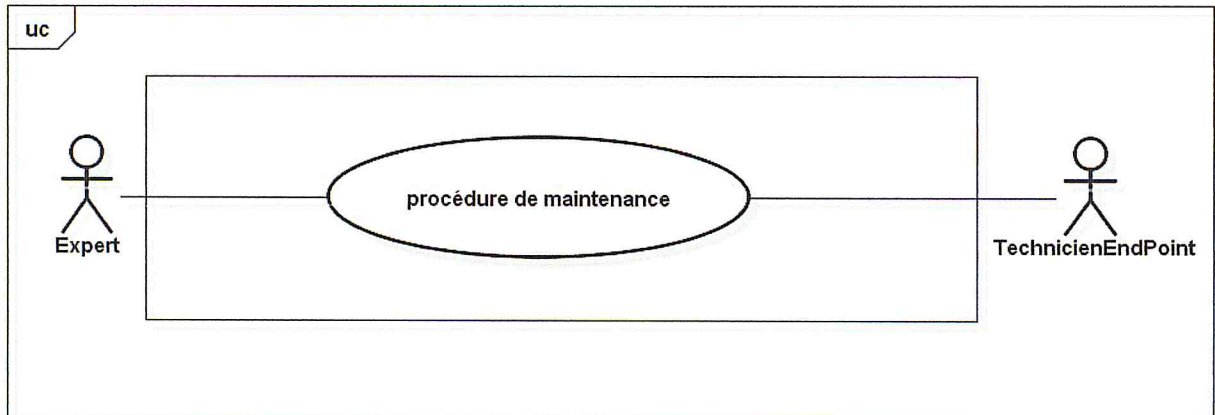


Figure 24 Diagramme de cas d'utilisations «Créer une procédure de maintenance»

• Sommaire d'identification

- **But :** Créer une nouvelle procédure de maintenance.
- **Acteurs :** Expert.

• Description des enchainements

- **Pré-condition:**
 1. Authentification de l'expert.
 2. Valider une demande d'aide d'un technicien.
- **Scénario nominal :** Ce cas d'utilisation commence lorsque l'expert veut créer une nouvelle procédure en RA pour assister le technicien, et voilà les étapes nécessaires:
 1. Définir une procédure de maintenance à cette panne.
 2. Consulter la liste des objets virtuels définie par le système.
 3. Choisir les types d'objets à utiliser dans l'augmentation.
 4. Définir la position de chaque objet choisi.
 5. Valider la création de la procédure.
 6. Envoyer la solution au technicien.
 7. Le système visualise la solution au technicien.
- **[Exception1 : champ obligatoire] :** Le système va déclencher une erreur sur un champ vide à l'heure de génération des augmentations.
- **Post-condition :**

Nouvelle procédure de maintenance visualisée au système.

4.1.1. D Diagramme de cas d'utilisation «demande l'aide d'un expert»

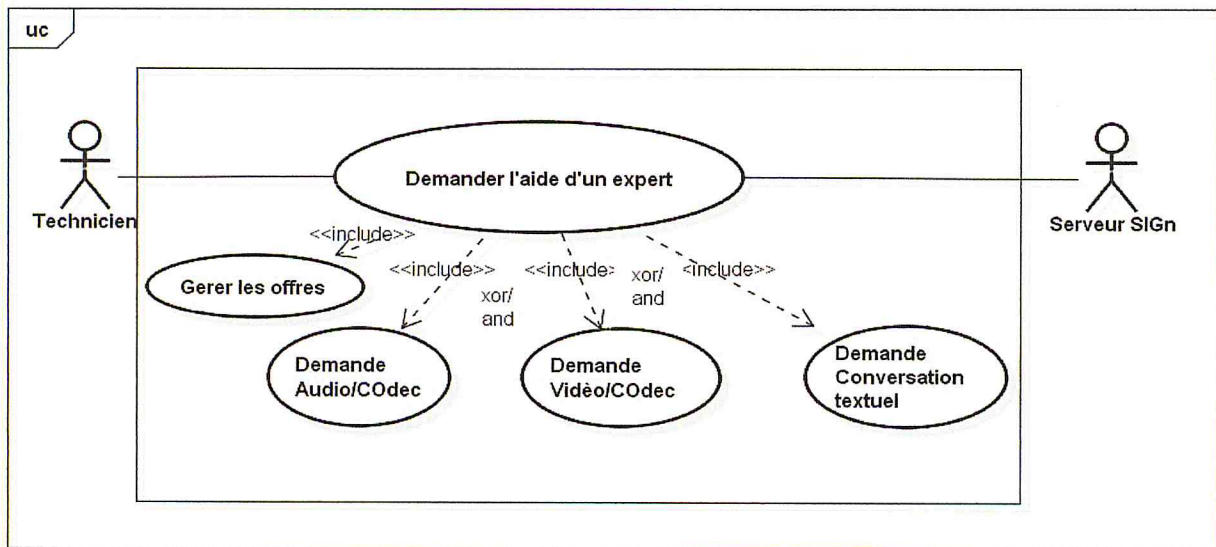


Figure 25 Diagramme de cas d'utilisations «demande l'aide d'un expert»

- **Sommaire d'identification**
 - **But** : trouver une solution a un problème de maintenance.
 - **Acteurs** : technicien.
- **Description des enchainements**
 - **Pré-condition:**
 1. Authentification de technicien.
 2. L'expert est disponible
 - **Scénario nominal** : Ce cas d'utilisation commence lorsque le technicien choisit un expert disponible et désire le contacter, et voilà les étapes nécessaires :
 1. Le technicien envoie une offre au serveur de signalisation.
 2. Le serveur de signalisation cherche l'expert concerné pour lui transmettre l'offre.
 3. Le serveur de signalisation envoie l'offre à l'expert.
 - **[Exception1 : champ obligatoire]** : le système va déclencher une erreur sur un champ vide si la liste des expert disponible est vide.
 - **Post-condition** :
 - Une offre envoyée à l'expert.

4.1.1. E Diagramme de cas d'utilisation «accepte offre de technicien»

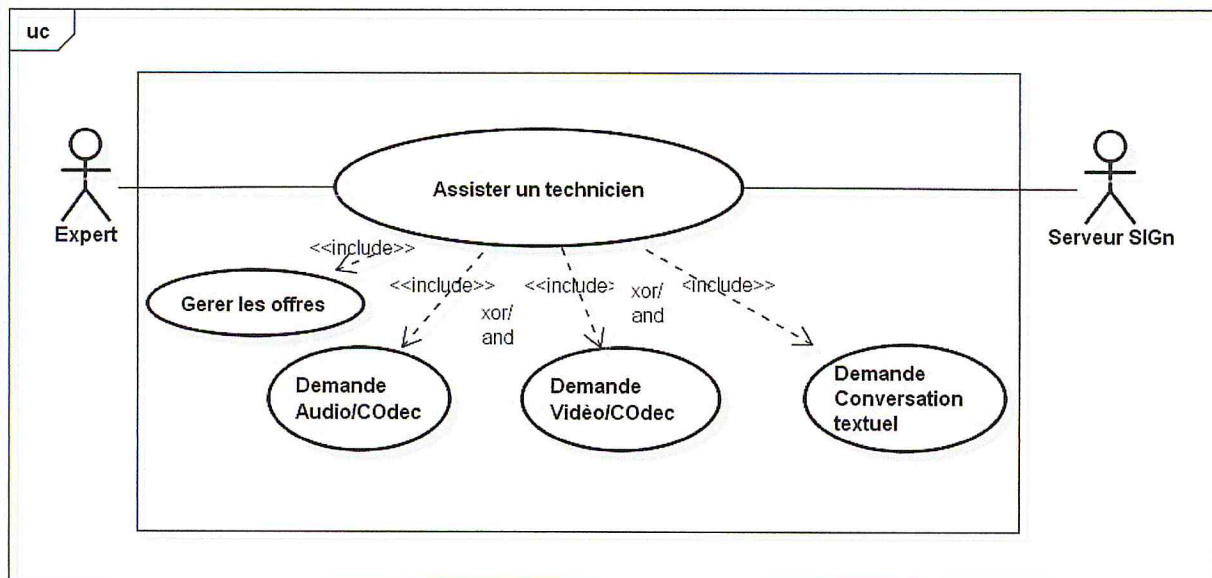


Figure 26 Diagramme de cas d'utilisations «accepte offre de technicien»

- **Sommaire d'identification**

- **But :** trouver une solution a un problème de maintenance.
- **Acteurs :** Expert.

- **Description des enchainements**

- **Pré-condition:**

1. Authentification de l'expert et le technicien.
2. Le technicien a envoyé une offre à l'expert

- **Scénario nominal :** Ce cas d'utilisation commence lorsque le technicien envoie une offre à un expert et voilà les étapes nécessaires :

1. L'expert accepte la demande de connexion, choisi et ensuite valide l'offre par un Answer (vidéo, audio, codec, etc.), et retransmet au serveur de signalisation qui va le renvoyer au technicien.
2. Le technicien vérifie l'Answer et construit des canaux nécessaires pour les flux de données et contacte un serveur STUN pour récupérer les numéros de port public.
3. Le technicien renvoie de candidats au serveur de signalisation contenant les informations nécessaires (adresse IP et port public du canal) pour permettre à l'expert de le contacter directement.
4. Le serveur de signalisation transmet les candidats à l'expert.
5. L'expert consulte le candidat.
6. L'expert crée ces propres canaux de flux de données et contacte un serveur STUN pour lui donner ces adresses IP et les numéros de port public.

7. L'expert connecte au technicien en utilisant l'adresse de technicien et les ports reçus du technicien dans les candidats.
8. L'expert envoie ces ports publics à l'expert à partir d'une commande RTSP.

- **[Exception1 : offre refuser]** : le serveur de signalisation 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

4.1.1. F Diagramme des cas d'utilisation global

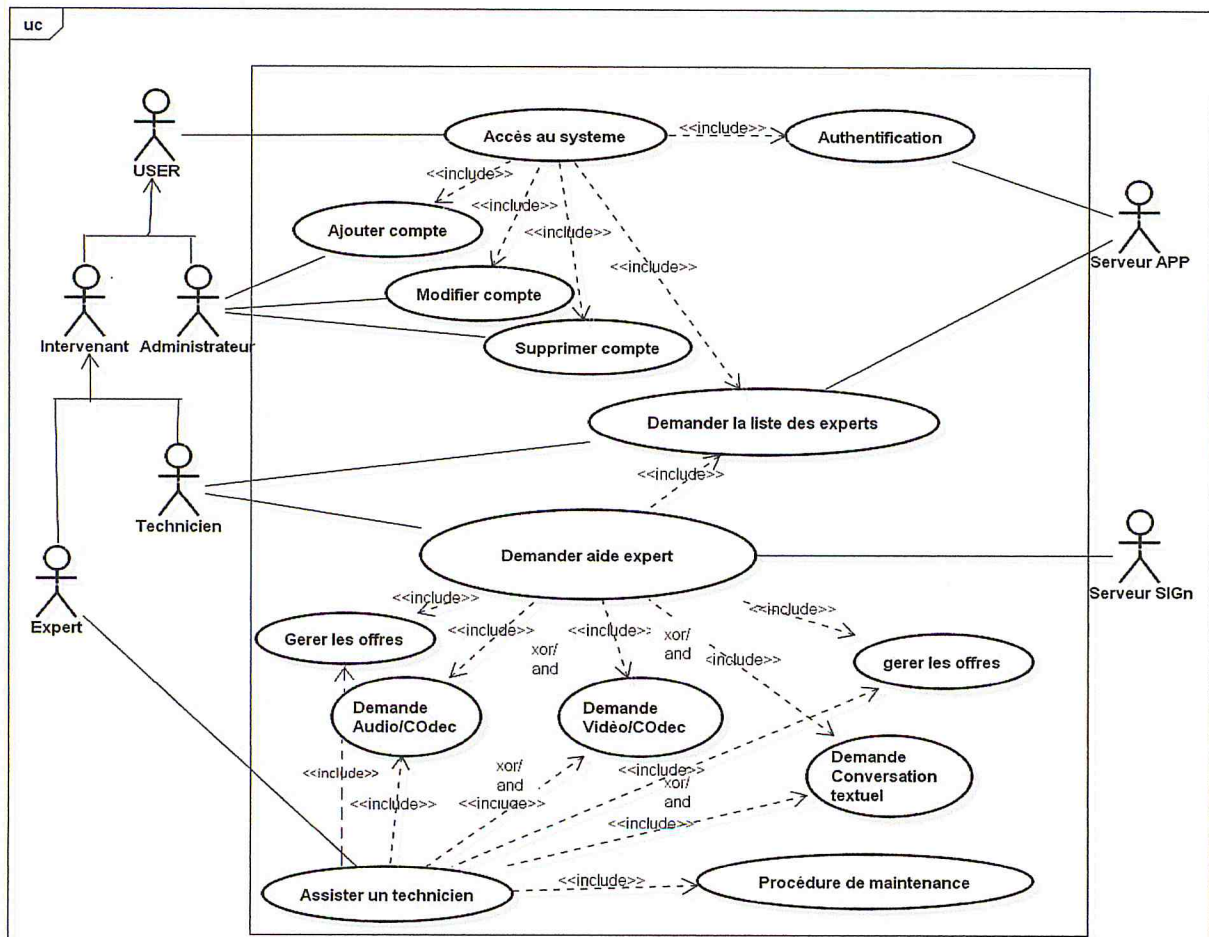


Figure 27 Diagramme de cas d'utilisations global

4.2 Diagrammes de séquence

Dans cette partie nous allons présenter les diagrammes de séquence qui détaillent les cas d'utilisation précédent.

4.2. A Diagramme de séquence « S'authentifier »

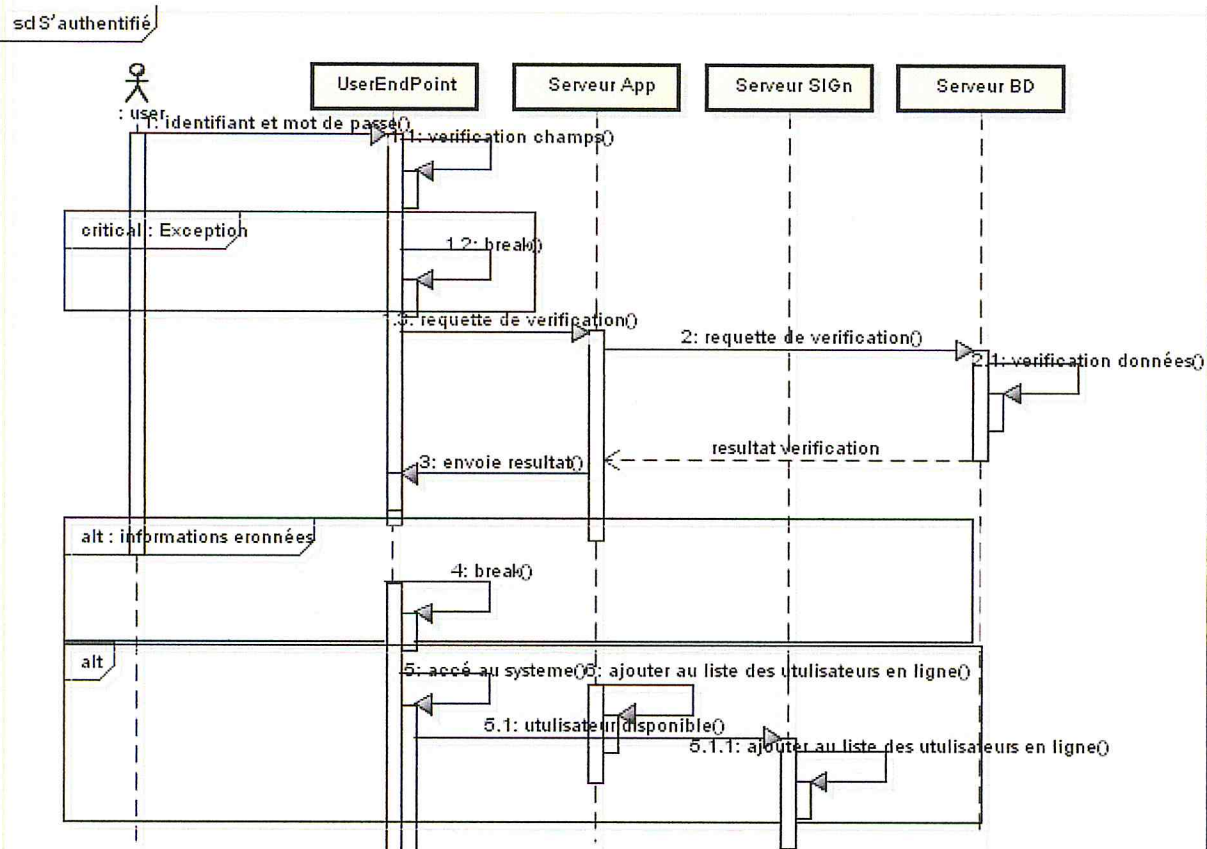


Figure 28 Diagramme séquence «S'authentifier»

Le Scénario :

1. L'utilisateur saisit (technicien/expert) son identifiant et mot de passe.
2. Vérification
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 affiche la fenêtre de login.
6. 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 de signalisation de sa disponibilité.

4.2. B Diagramme de séquence « La liste des expert en ligne »

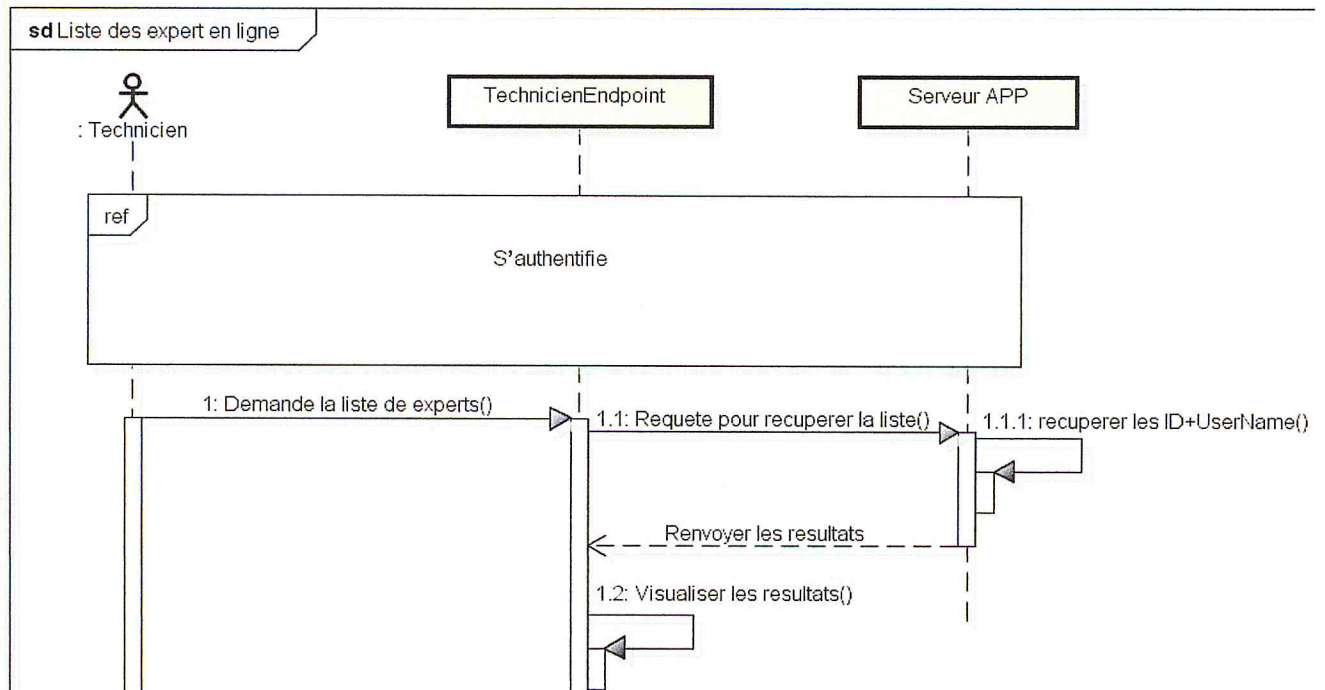


Figure 29 Diagramme séquence «La liste des expert en ligne»

Le Scenario :

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 renvoie le résultat aux techniciens.
4. Le système affiche la liste des experts.

4.2. C Diagramme de séquence « Demande l'aide d'un expert »

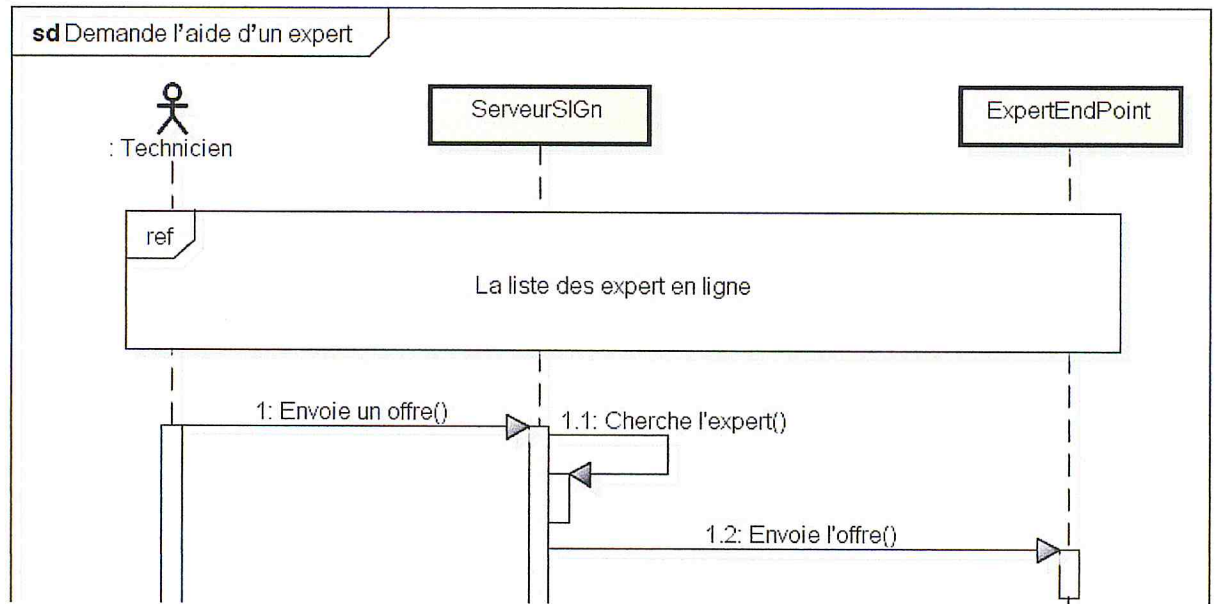
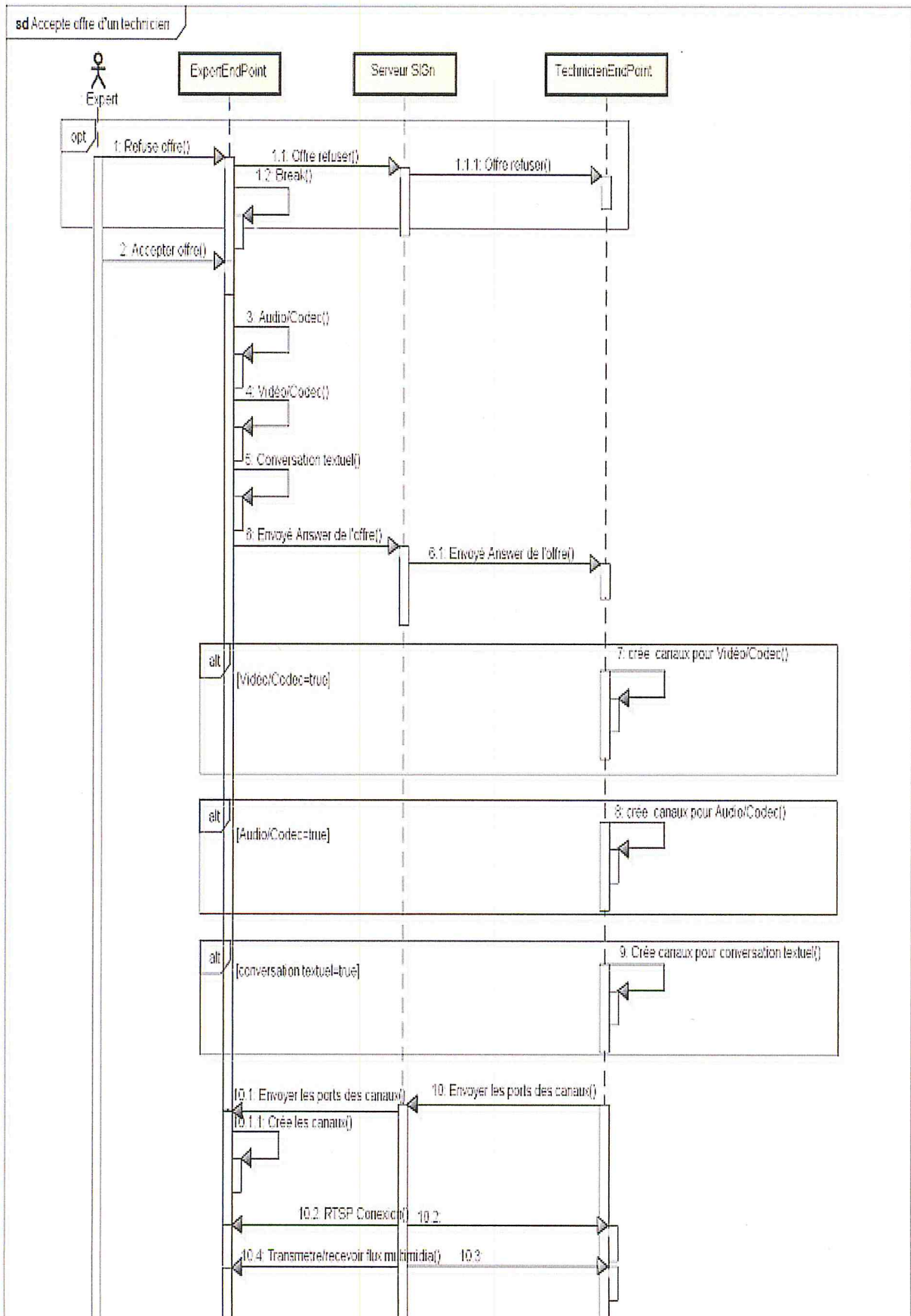


Figure 30 Diagramme séquence «demander l'aide d'un expert»

Le scénario :

1. Après la récupération de la liste des experts, le technicien envoie une offre au serveur de Signalisation contient l'identificateur de l'expert.
2. Le serveur signalisation cherche l'expert et envoie l'offre.
3. L'expert reçoit l'offre.

4.2. D Diagramme de séquence « Accepte offre d'un technicien»



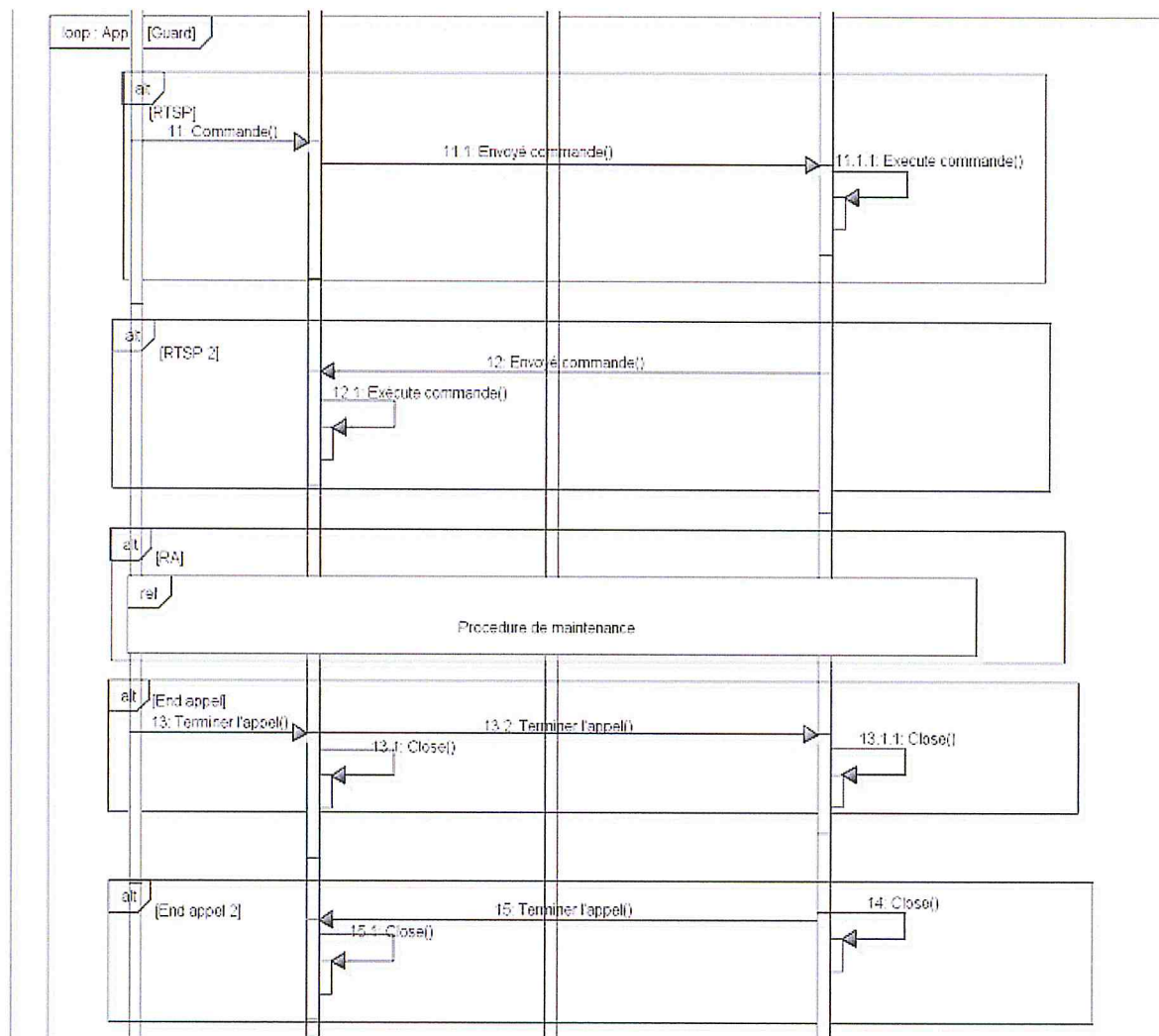


Figure 31 Diagramme séquence «accepte offre d'un technicien»

Le scénario

1. Si l'expert refuse l'offre, le serveur SIGn informe le technicien que l'offre est refusée.
2. Si l'expert accepte l'offre, il envoie au serveur signalisation l'offre acceptée contenant des informations pour ajuster la communication (codec, accepte audio, vidéo, etc.).
3. Le serveur signalisation renvoie l'offre au technicien pour commencer l'établissement de la connexion.
4. Le technicien vérifie l'offre acceptée pour créer les canaux nécessaires, ensuite, il contacte un serveur STUN pour récupérer les adresse et ports publics des canaux créés.
5. Le technicien renvoie l'offre au serveur SIGn contenant les adresses IP et les numéros des ports publics.
6. Le serveur de signalisation envoie l'offre à l'expert pour commencer l'appel d'assistance.
7. L'expert crée les canaux nécessaires pour recevoir les données depuis le technicien.

8. L'expert envoie l'adresse IP et les numéros ports publics au technicien via le protocole RTSP.
9. L'expert connecte et commence à envoyer les données au technicien via les canaux ouverts précédemment.
10. Le technicien connecte aux canaux de l'expert pour lui envoyer les données.
11. Démarrage de la résolution du problème de maintenance.
12. L'expert peut envoyer des objets 3D de la réalité augmentée dans des messages RTSP (envoyer une procédure de maintenance).
13. Le technicien ou l'expert peuvent terminer l'appel (audio et/ou vidéo et/ou chat).

4.2. E Diagramme de séquence «Procédure de maintenance»

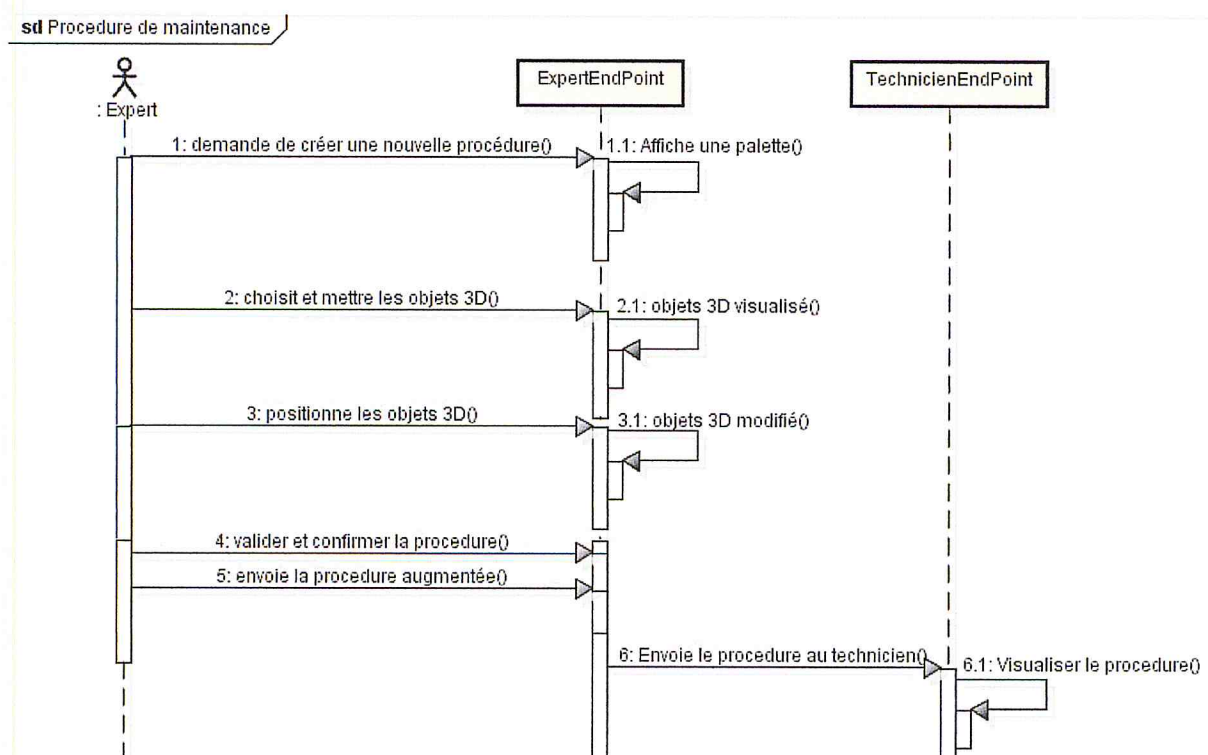


Figure 32 Diagramme séquence «Procédure de maintenance»

Le scénario

1. L'expert demande de créer une nouvelle procédure de maintenance.
2. Le système affiche une palette contenant les éléments nécessaires de la procédure à créer.
5. L'expert demande au système d'ajouter une étape de maintenance.
6. Le système affiche à l'expert le formulaire d'ajout d'une nouvelle étape de maintenance.
8. L'expert choisit et positionne les objets 3D à affecter à l'étape actuelle.

9. L'objet 3D est ajouté à l'étape.
10. La confirmation d'ajout de l'étape augmentée.
12. L'expert envoie la procédure au technicien pour lui visualiser la solution de maintenance.
14. La procédure de maintenance est envoyée.
15. La procédure visualisée sur le terminal du technicien.

5. Conclusion

Ce chapitre définit, premièrement les protocoles choisis dans notre architecture ainsi que la structure de notre modèle proposé pour l'établissement des appels, en plus les méthodes utilisées pour résoudre les problèmes mentionnées précédemment. Deuxièmement, il présente les éléments nécessaires pour concevoir notre système. Durant la phase de spécification des besoins et d'analyse, nous avons identifié les utilisateurs, les objectifs et enfin les fonctionnalités du système. Lors de la phase élaboration, nous avons établi les diagrammes des cas d'utilisation ainsi que les diagrammes de séquence qui décrivent le comportement d'e-maintenance proposé.

Réalisation du Système

1. Introduction

Ce chapitre présente la réalisation des tâches qu'on a pu faire pour mettre en œuvre notre architecture proposée, il présente dans la première partie l'architecture générale du système. Puis il met en évidence les différents choix techniques (choix du langage, IDE, bibliothèque, logiciels, outils matériels, etc.). Dont on a utilisé pour la mise en marche du système. Afin de valider notre prototype, il présente aussi, un exemple d'utilisation de notre application télé assistance dans le cadre de trouver une solution à une panne d'une machine.

2. Architecture générale du système

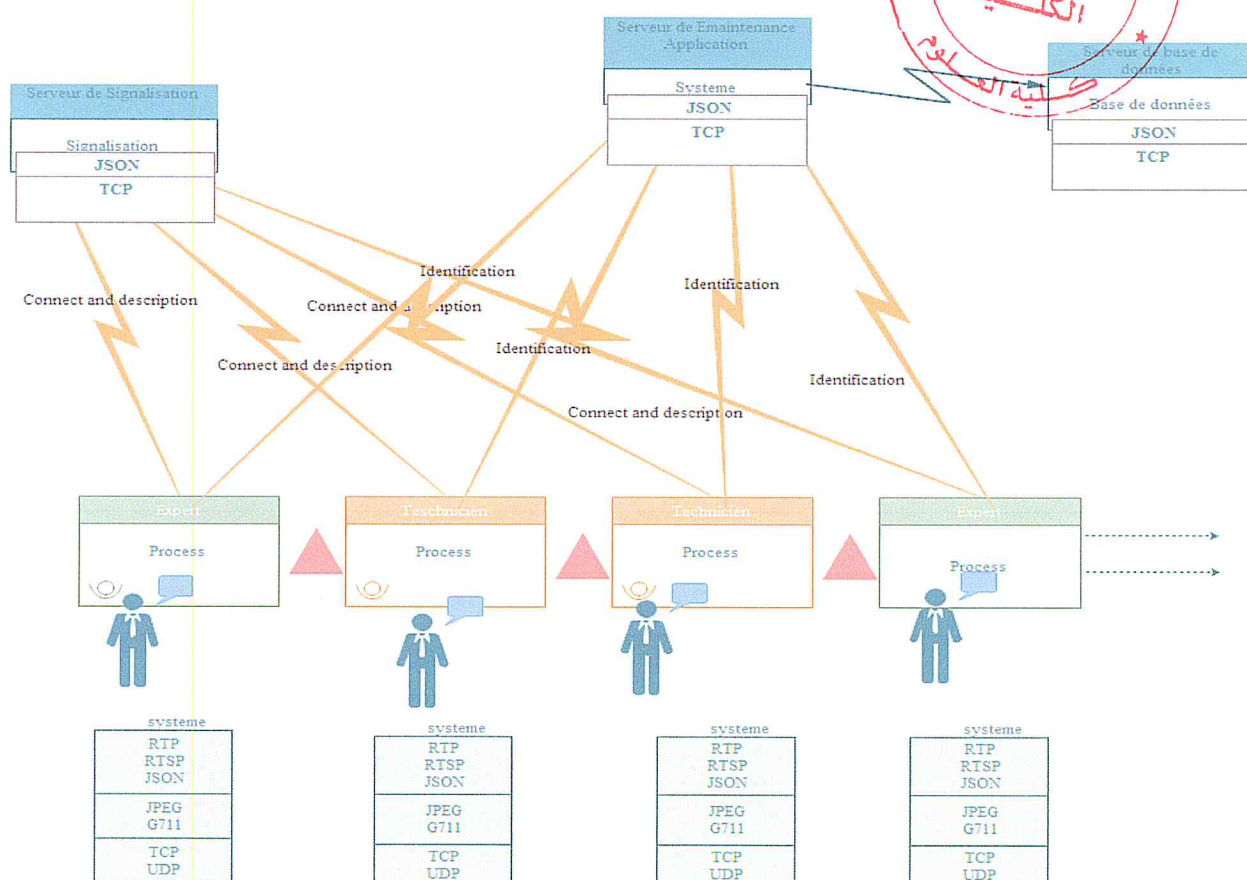


Figure 33 Architecture générale du système

Remarque : G711 est un codec standard utilisé pour la compression de l'audio.

3. Environnement et outils de développement

3.1 Partie matérielle

C'est l'ensemble des ressources destinées à la mise en marche de notre application. Ainsi, nous citons :

- deux ou trois serveurs dédiés pour l'authentification et la signalisation.
- Un PC (fixe ou portable) ayant Windows comme système d'exploitation.



Figure 34 Un Ordinateur

- Une tablette ayant Windows comme système d'exploitation, ou bien un pc portable avec une cam, ou des lunettes supportant la technologie de la réalité augmentée.



Figure 35 Tablette Windows

- Un ensemble des marqueurs.

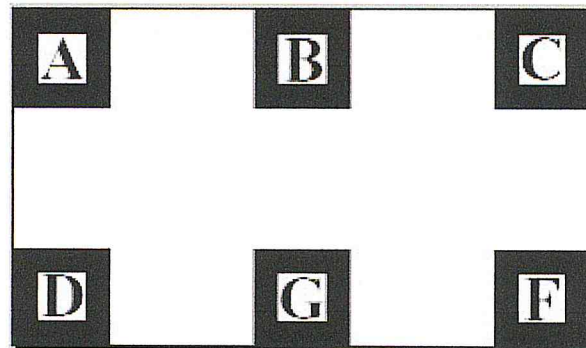


Figure 36 Un marqueur ARTOOLKIT

3.2 Partie Logicielle

Les outils logiciels qu'on a utilisés dans l'implémentation de système sont :

A.Langage de programmation c# :

C'est un langage de programmation orienté-objet permet aux développeurs de créées des applications clientes Windows, services Web XML, composants distribués, applications client-serveur, applications de base de données et bien plus encore.

B. Visual Studio 2017 :

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.

C.Utilitaire graphique (Direct3D) :

Direct3D est une interface de programme d'application (API) développée par Microsoft qui fournit un ensemble de commandes et de fonctions permettant de 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 des objets tridimensionnels, y compris l'éclairage et les ombres.

D.Langage de programmation C# :

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 ou Processing sont publiés.

E.JSON Framework for .NET

JSON (JavaScript Object Notation) est un format léger d'échange de données (comme XML). Il est facile pour les humains de lire et d'écrire, plus facile pour les machines d'analyser et de générer.

F. Lumisoft media for c# :

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

G. Krypton Toolkit :

Krypton Toolkit inclut des palettes et des modèles qu'on peut l'utiliser pour personnaliser les interfaces utilisateur de notre application. Krypton Toolkit inclut une documentation complète intégrée dans le système d'aide de Visual Studio (Figure 36).

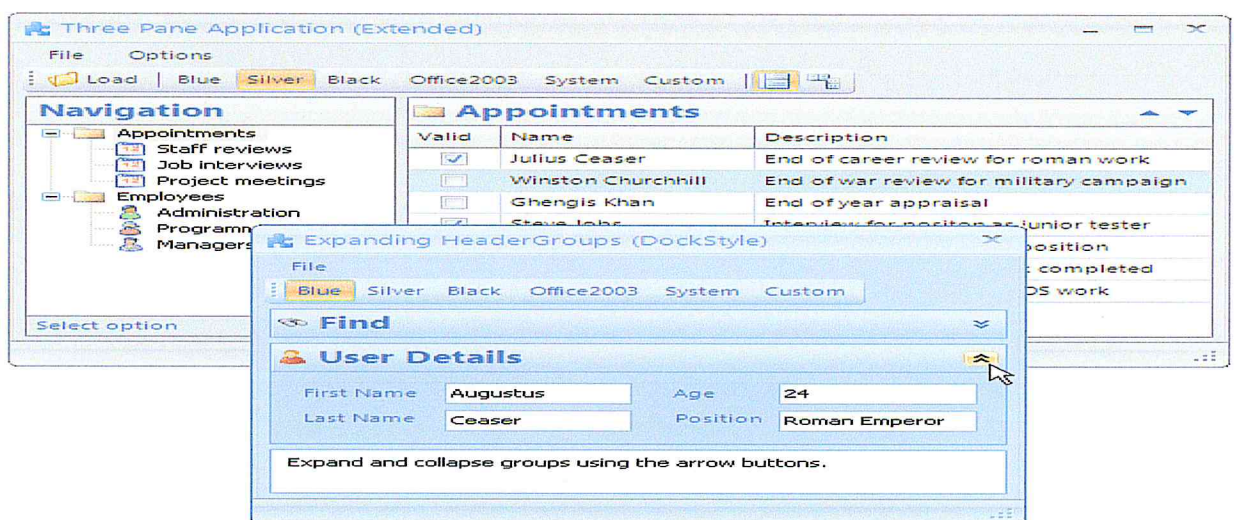


Figure 37 Bibliothèque Krypton

H. SGBD :

Un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) est un logiciel qui permet de stocker des informations dans une base de données. Un tel système permet de lire, écrire, modifier, trier, transformer les données qui sont contenus dans la base de données dans notre application, nous allons utiliser le wampserver comme SGBD.

I. Serveur de base de données :

Le serveur de base de données reçoit des requêtes à partir de serveur application pour la création des nouveaux comptes utilisateurs pour les techniciens ou les experts ou bien la modification ou la suppression. En plus, il est utilisé dans l'identifications des utilisateurs (Figure 37).

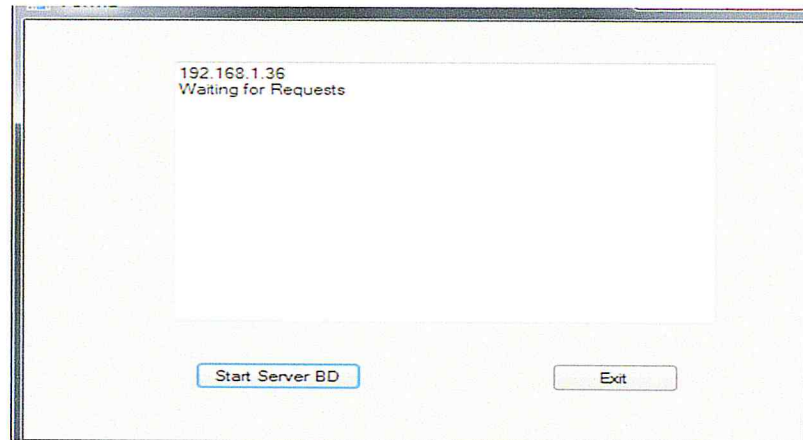


Figure 38 Serveur de base de données

J. 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 reçoive 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.

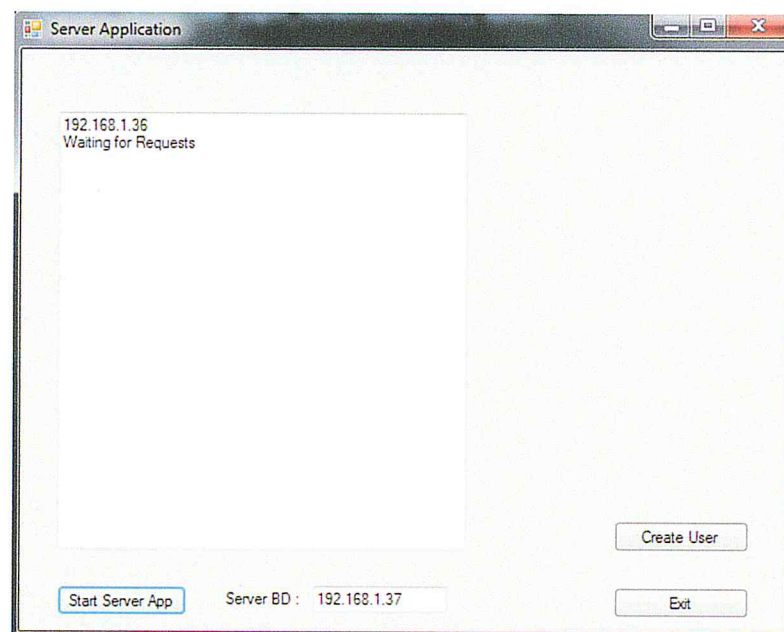


Figure 39 Serveur d'application

K. serveur de signalisation :

Le serveur de signalisation a pour but de gérer les offres entre les techniciens et les experts et de recevoir des requêtes de disponibilité des utilisateurs (Figure 39).

La phase de fonctionnement de serveur de signalisation est bien définie dans le chapitre précédant.

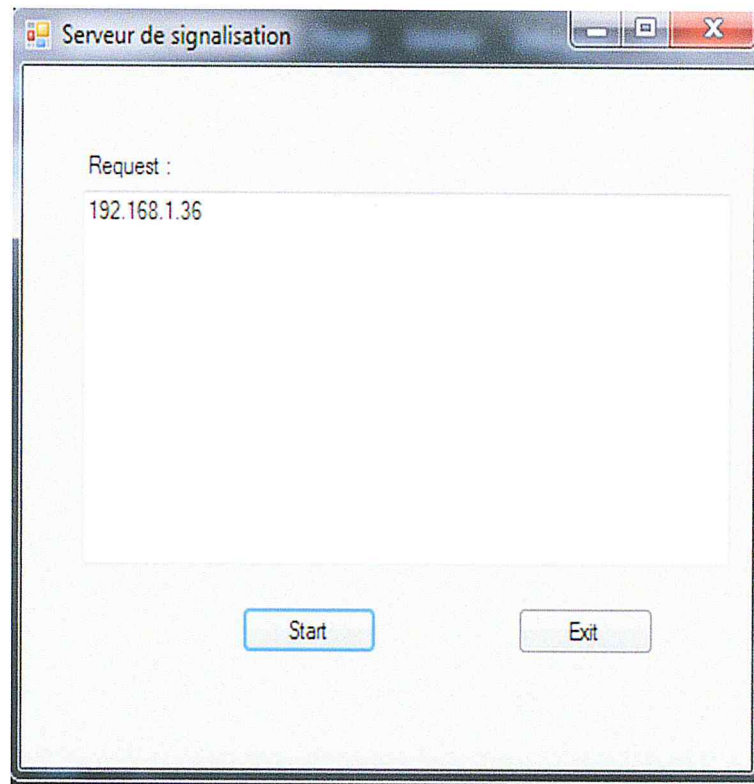


Figure 40 Serveur de signalisation

4. Mise en marche de système

le système construit offre aux techniciens qui ont des problèmes de réalisation de tâche de maintenance de chercher les experts en ligne et la possibilité de contacter un expert avec une appelle vidéo et/ou audio et/ou chat , et offre à l'expert la possibilité d'envoyer des objets 3d de réalité augmentée au système de technicien.

4.1 Interfaces principales

4.1.1 Authentification

Comme la plupart des applications, la première étape, c'est l'authentification, chaque utilisateur doit s'authentifier avant qu'il puisse utiliser l'application.

Remarque 1 : les requêtes échangées sont des objets JSON (utilise la bibliothèque (Newtonsoft.JSON)).

Remarque 2 : Un utilisateur est un technicien ou un expert

Veillez saisir votre nom d'utilisateur et mot de passe

Login:

Password:

Figure 41 Authentification (Admin, Expert et Technicien).

4.1.2 Administration

L'administrateur peut créer ou modifier ou supprimer un compte utilisateur (technicien ou expert) en appuyant sur création d'utilisateur et remplissant les champs qui sont visualisés sur l'interface et choisis l'action (ajouter/modifier/supprimer) ensuite en appuyant sur ajouter (voir Figure 41).

Server Application

Nom:

Prenom:

UserName:

PassWord:

Type:

Action:

Server BD :

Figure 42 Gérer les utilisateurs

4.1.3 Liste des Expert

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 (figure42).

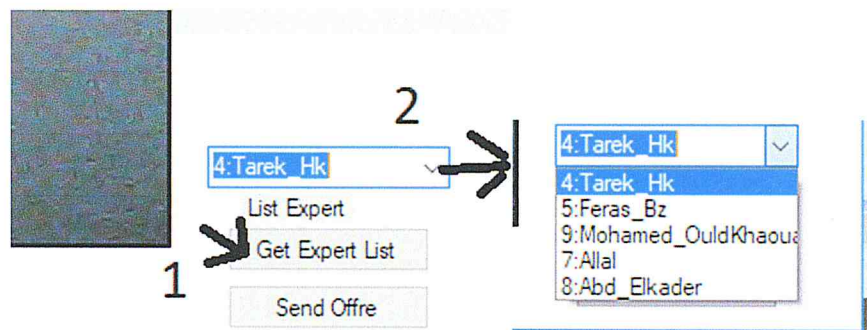


Figure 43 Liste des experts en ligne

4.1.4 Contacter expert

Tant que le technicien a besoin de l'aide, il peut contacter un expert d'après la liste en ligne, en envoyant une offre d'appel (voir Figure 43).



Figure 44 demande l'aide d'un expert

4.1.5 Assister un technicien

S'il y a une offre envoyée par un technicien à un expert, l'expert peut accepter ou refuser l'offre reçue en appuyant sur accepter offre ou refuser. (voir Figure 44)

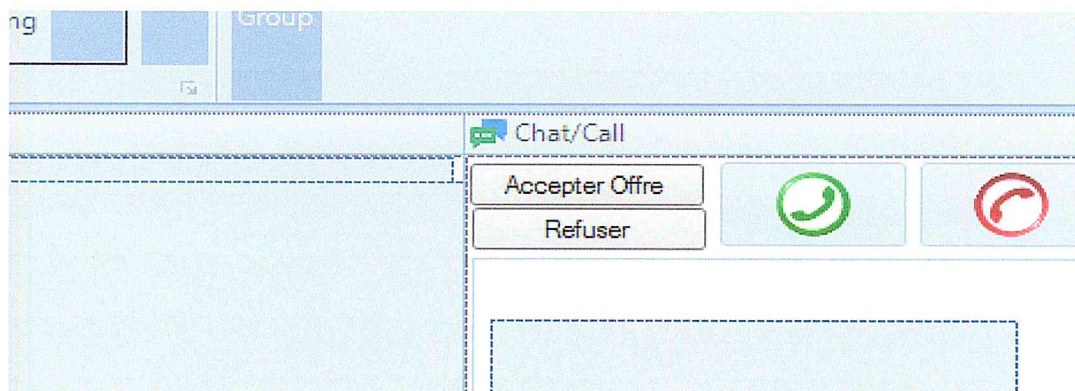


Figure 45 Accepte / Refuse offre d'un technicien

Si l'expert a accepté une offre, une appelle, va être établie, et une session RTSP est créé pour pouvoir transmettre/recevoir des commandes qu'elle que soit de multimédia ou de réalité augmentée comme Play/Pause Audio/Vidéo etc. (voir Figure 45).

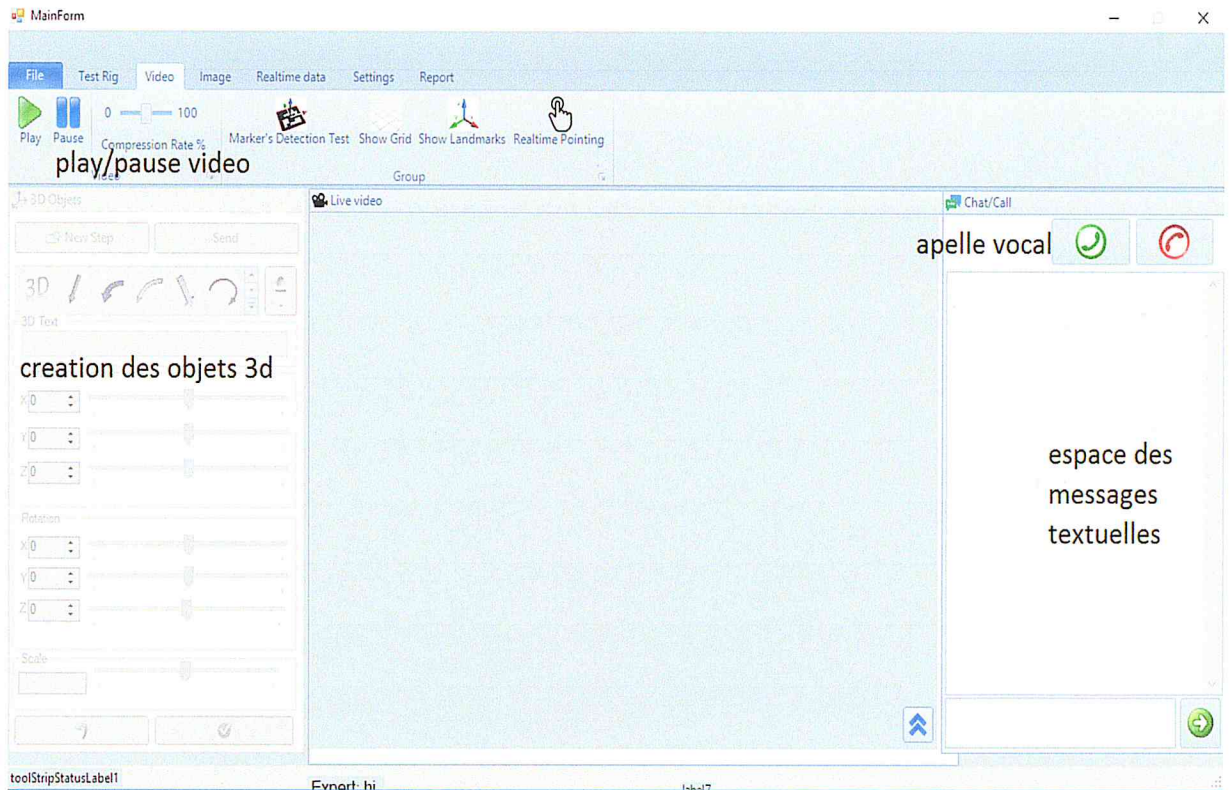


Figure 46 Établissement d'appel

4.1.6 Procédure de maintenance en réalité augmentée

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 la scène (vidéo), 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 46) pour la visualiser (voir figure 47).

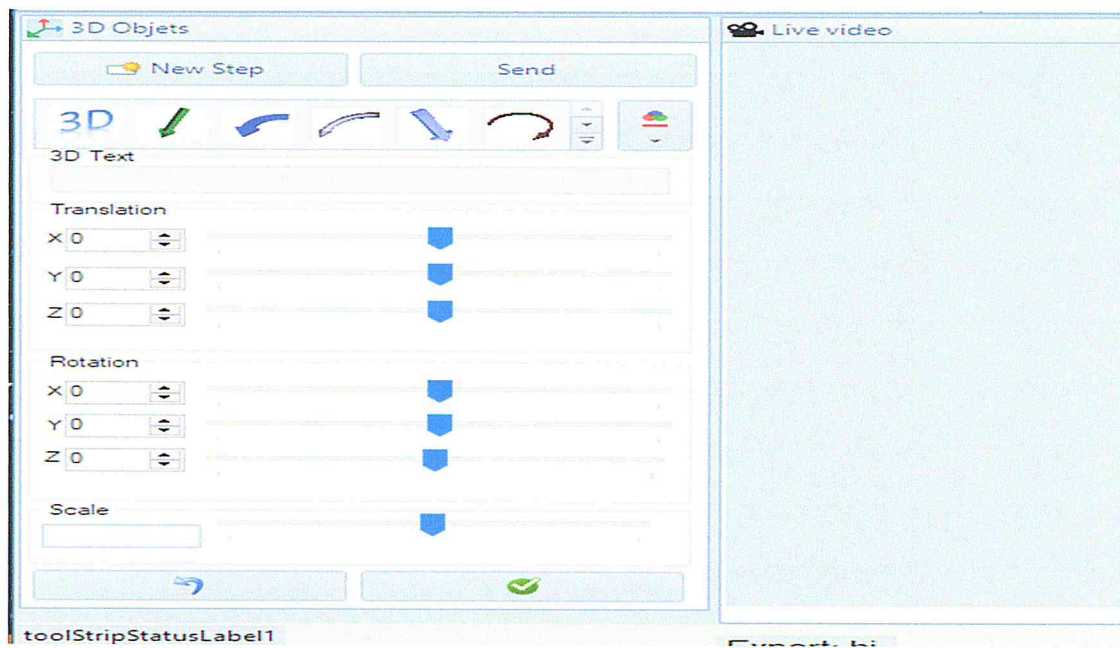


Figure 47 Palette de création d'une procédure de maintenance augmentée

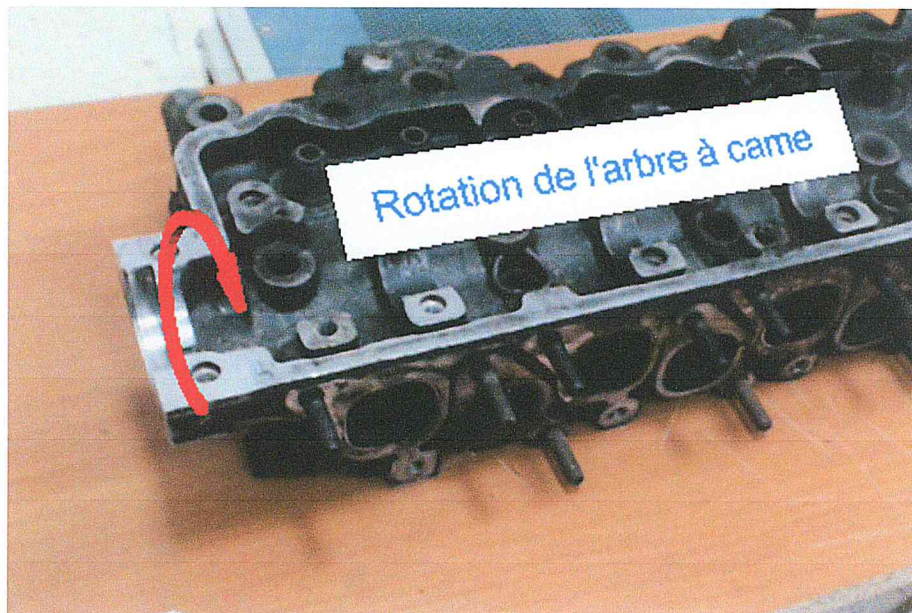


Figure 48 Visualisation d'une procédure reçus

4.1.7 Validation et expérimentation

Pour bien expliquer l'efficacité et l'utilité, plus les divers usages de notre application, nous allons faire deux scénarios déferents, le premier scénario est entre un technicien et un expert dans la réalisation d'une panne apparue, et le deuxième, une séance de formation accordée par l'expert au technicien pour l'explication de fonctionnement d'une pièce mécanique.

Réalisation d'une tâche de maintenance :

Figure 49 Un technicien possède une tablette pour filmer la scène

Un technicien devant une imprimante, l'imprimante est tombé en panne, le technicien n'arrive pas à résoudre le problème (Figure 48), il a cherché un expert en ligne, l'expert a accepté l'appelle, et ils sont en train de résoudre le problème, le technicien utilise une tablette avec une cam pour filmer la scène et transmettre la vidéo à l'expert.

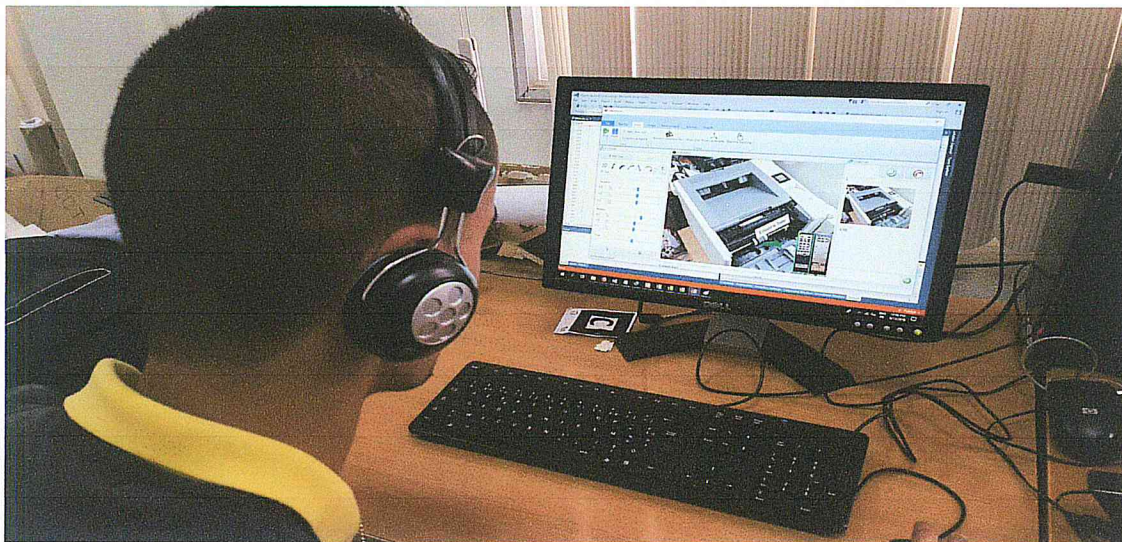


Figure 50 Un expert assiste un technicien

L'expert devant un PC reçoit la vidéo d'après le technicien (Figure 49), et essaye de l'assister avec la transmission des objets 3D de la réalité augmentée, comme nous voyons dans la figure (figure 50) l'expert a envoyé au technicien un objet contenant un texte "enlever le toner" et un autre objet pour faire connaître la position du toner et la direction.

En plus, l'expert a la possibilité d'utiliser une appelle audio ou bien d'envoyer des messages textuels (le même pour le technicien).

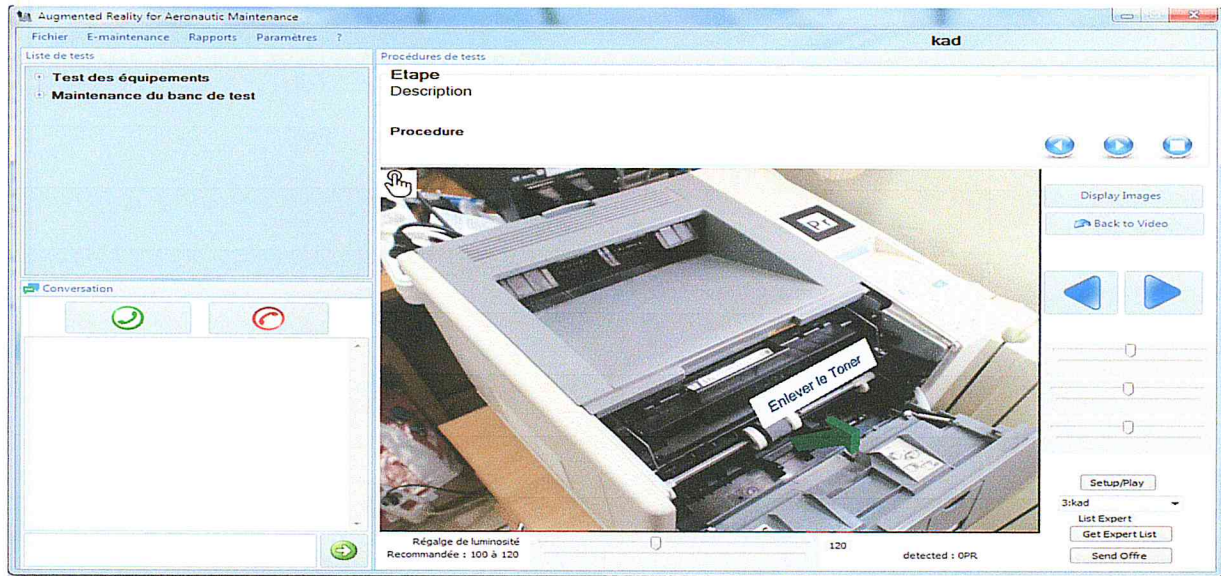


Figure 51 L'expert envoie des objets 3D

Formation accordé par l'expert:

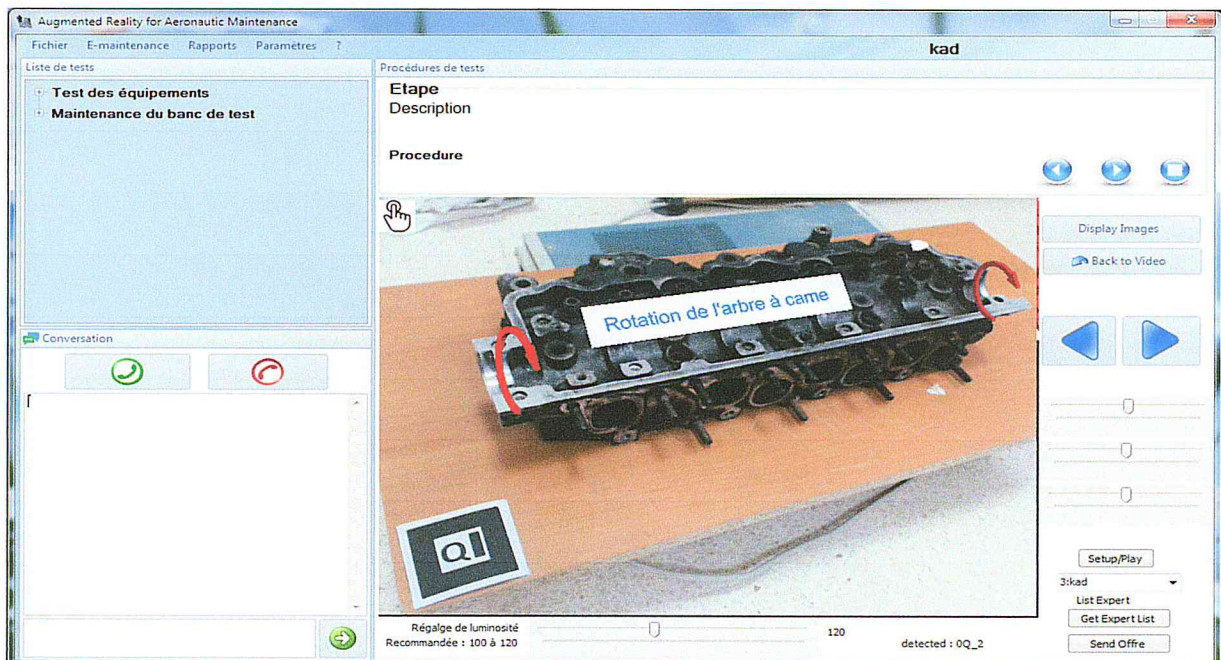


Figure 52 Explication de l'expert par des objets 3D et des textes

L'expert est en train d'expliquer à un technicien le fonctionnement d'une pièce mécanique "un arbre à came", il a envoyé des objets 3D pour l'informer de tourner cette pièce de l'autre côté.

5. Conclusion

Ce chapitre présente la partie réalisation que nous avons fait pour le bon fonctionnement de notre système de téléassistance, il présente les interfaces principales du système et leur fonctionnement, ensuite la partie validation et expérimentation pour faire connaître l'utilité et l'efficacité offerte par ce système dans la maintenance, plus les divers usages de cette application. Dans la partie vision perspective, on va mentionner plusieurs propositions pour pouvoir améliorer le fonctionnement du système.

Conclusion Général

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, etc. Encore les protocoles de signalisation comme le protocole SIP.

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 de signalisation 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. Dans le transfert de flux multimédia, cette application utilise le protocole RTP, ce protocole est le plus utilisé dans le domaine de streaming, et dans le transfert des commandes de multimédia, elle utilise le protocole RTSP.

D'après la partie réalisation, nous allons montrer les tâches qu'on a pu effectuer pour nous permettre d'évaluer le fonctionnement de notre système. Dans la partie expérimentation, nous allons présenter les divers usages offrant 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 :
 - Développer un serveur STUN.
 - 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 public pour pouvoir passer par la NAT. Cette technique est utilisé 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.

Remarque : ces tâches sont reliées à déférentes contraintes empêchant sa réalisation dans notre application, ces contraintes sont:

- 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) comme la proposition d'un modèle pour la base de données, (ii) l'utilisation de technique de port forwarding, (iii) amélioration des interfaces principales, etc.
- Le développement d'un serveur STUN : la nécessité de faire une nouvelle étude concerne le fonctionnement de la NAT, et ces déférents types, plus l'utilisation des adresses publiques et les ports, etc.

Bibliographie

5 : Thèse de Vincent Havard, LINEACT-CESI, IRSEEM-ESIGELEC

Caudell & Mizell 1992 : T. P. Caudell et D. W. Mizell, « Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes », in Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 1992, vol. ii, p. 659-669 vol.2.

Milgram & Kishino 1994 : P. Milgram et F. Kishino, « Taxonomy of mixed reality visual displays », IEICE Trans. Inf. Syst., vol. E77-D, no 12, p. 1321-1329, 1994.

Mackay 1998 : W. E. Mackay, « Augmented reality: linking real and virtual worlds: a new paradigm for interacting with computers », Proc. Work. Conf. Adv. Vis. interfaces - AVI '98, p. 13, 1998.

Azuma 1997 : R. Azuma, « A survey of augmented reality », Presence Teleoperators Virtual Environ., vol. 6, no 4, p. 355-385, 1997.

Azuma et al. 2001 : R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, et B. MacIntyre, « Recent advances in augmented reality », IEEE Comput. Graph. Appl., vol. 21, no 6, p. 34-47, 2001.

Didier 2005 : J.-Y. Didier, « Contributions to the dexterity of an augmented reality system applied to industrial maintenance », Thèse de doctorat, Université d'Evry Val d'Essonne, 2005.

Hugues 2011 : O. Hugues, « Réalité augmentée pour l'aide à la navigation. SIGMA : Système d'information Géographique Maritime Augmentée », Thèse de doctorat, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 2011.

Fuchs & Moreau 2006 : P. Fuchs et G. Moreau, Le traité de la réalité virtuelle. Volume 2, Les Presses de l'École des Mines, 2006.

Dubois 2009 : E. Dubois, « Conception, Implémentation et Evaluation de Systèmes Interactifs Mixtes: une Approche basée Modèles et centrée sur l'Interaction », Thèse HDR. Univ. Toulouse, 2009.

Otmane 2010 : S. Otmane, « Modèles et techniques logicielles pour l'assistance à l'interaction et à la collaboration en réalité mixte », Thèse HDR, Université d'Evry-Val d'Essonne, 2010.

Fuchs & Moreau 2003 : P. Fuchs et G. Moreau, "Le traité de la réalité virtuelle". Volume 1, Fondements et interfaces comportementales. Les Presses de l'École des Mines, 2003.

3 : [url \(http://imascono.com/fr/magazine/types-realite-augmentee-dutilisation\)](http://imascono.com/fr/magazine/types-realite-augmentee-dutilisation).

Siltanen 12 : Sanni Siltanen. Theory and applications of markerbased augmented reality. VTT Science 3, 2012.

Interlando 11 :J.Carmelo Interlando & Cynthia Padilla. Decoding the (41,20,10) quadratic residue code beyond its errorcorrecting capability. Applied Mathematical Sciences (Ruse), vol. 5, 2011.

ARToolKit, 1999 : Available at: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>

Lowe, 1999 : Object recognition from local scale-invariant features. s.l., s.n., pp. 1150-1157.

Comport, et al. 2006 : Real-time markerless trackingfor augmented reality: the virtual visual servoing framework. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, Volume 12, pp. 615-628.

Haouchine et al. 2013 : N. Haouchine, J. Dequidt, I. Peterlik, E. Kerrien, M. O. Berger, et S. Cotin, « Image-guided simulation of heterogeneous tissue deformation for augmented reality during hepatic surgery », in 2013 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2013, 2013, p. 199-208.

Didier et al. 2005 : J.-Y. Didier et al., « AMRA : Augmented Reality assistance in train maintenance tasks », in 4th ACM/IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) - Workshop Industrial Augmented Reality, 2005, p. 1-10.

Benbelkacem et al. 2013 : S. Benbelkacem, M. Belhocine, A. Bellarbi, N. Zenati-Henda, et M. Tadjine, « Augmented reality for photovoltaic pumping systems maintenance tasks », Renew. Energy, vol. 55, p. 428-437, 2013.

Zenati et al. 2013 : N. Zenati, S. Benbelkacem, M. Belhocine, et A. Bellarbi, « A new AR interaction for collaborative E-maintenance system », in IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), 2013, vol. 46, no 9, p. 619-624.

Zenati-Henda et al. 2014 : N. Zenati-Henda, A. Bellarbi, S. Benbelkacem, et M. Belhocine, « Augmented reality system based on hand gestures for remote maintenance », in International Conference on Multimedia Computing and Systems -Proceedings, 2014, p. 5-8.

Zenati et al. 2015 : N. Zenati, M. Hamidia, A. Bellarbi, et S. Benbelkacem, « E-maintenance for photovoltaic power system in Algeria », in 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2015, p. 2594-2599.

Stanimirovic et al. 2014 : D. Stanimirovic, N. Damasky, S. Webel, D. Koriath, A. Spillner, et D. Kurz, « A Mobile Augmented Reality System to Assist Auto Mechanics », in ISMAR 2014 - IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Science and Technology 2014, Proceedings, 2014, no September, p. 305-306.

Bellarbi, Domingues, et al. 2013 : A. Bellarbi, C. Domingues, S. Otmane, S. Benbelkacem, et A. Dinis, « Augmented reality for underwater activities with the use of the DOLPHYN », in 2013 10th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, ICNSC 2013, 2013, p. 409-412.

1 : url (<http://idboard.net:10000/revu/2018/01/07/utilisation-de-la-realite-augmentee-et-de-la-realite-virtuelle-dans-larchitecture/>)

[Smmart 05] SMMART "System for mobile maintenance accessible in real time", FP6 Integrated Project IP 16726 of the European Commission, 6th Framework programme for Research and Technological Development, 2005-2008.

[Seguy 08] Seguy Anne, Décision collaborative dans les systèmes : Application { l'émaintenance, THÈSE En vue de l'obtention du DOCTORAT DE L' UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, 5 décembre 2008.

6 : url (<https://www.commentcamarche.com/faq/46569-realite-augmentee-avantages-et-exemples-d-utilisation>).

7 : url (<https://www.360natives.com/salle-de-classe-17092017/>).

8 : url (<http://www.otzarreta.fr/realite-augmentee/>).

A : FAYER Modou, MAIGA Malik, (2004). Téléphonie sur IP. Mémoire de fin d'étude pour l'optimisation de diplôme d'ingénieur d'état spécialité télécommunication, institut de la télécommunication Abdelhafid boussouf –ORAN.

B : Dean .T (2001). Réseaux Informatique. Edition RYNALD GOULET.

C : Tous les projets des élèves ingénieurs de supinfo. (2007). Voice over IP protocole URL: (<http://www.supinfo-projects.com/fr/> .Consulté le : 10/03/2008).

D : RFC 2460²⁶ - Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Spécification.

E : URL (<https://www.it-connect.fr/les-adresses-ip-privées-et-publiques/>) réalisé par Florian Burnel.

Commer00 : D.E. Comer, "TCP/IP Architecture, Protocoles, Applications", Traduit en français par J.A. Hernandez et al. 3eme édition, DUNOD, 2000.

Dunod 2006 : Wifi Déploiement et sécurité, 2 édition-Aurélien Geron.

F : URL (<http://www.univ-bouira.dz/fr/images/uamob/fichiers/Cours/hadach/la%20nat.pdf>).

G : Auteur : Mathieu Balquier & Eric Patier, Courtesy Open Web Design url: (<https://wapiti.telecomlille.fr/commun/ens/peda/options/st/rio/pub/exposes/exposesrio2008-ttnfa2009/balquier-patier/nat.htm>).

H : URL (<http://www.comptesip.fr/definition-du-sip/>).

I : URL (<http://www.blog.saeed.com/2011/03/h323-protocole-protocole-gateway-gatekeeper-h-323/>).

J : url(<https://searchunifiedcommunications.techtarget.com/answer/Differences-between-H323-and-SIP>).

K : © 2001 Université Paul Sabatier (Toulouse III), André Aoun, URL (<http://www.httr.ups-tlse.fr/pedagogie/cours/tcp-ip/rtp/index.html#Sommaire>).

L : © 2001 Université Paul Sabatier (Toulouse III), André Aoun, URL (<http://www.httr.ups-tlse.fr/pedagogie/cours/tcp-ip/rtsp/>).

M : url (<https://www.globaldots.com/rtmp-real-time-messaging-protocol-explained-2/>).

N : url([http://igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2010/Stream_Control_Transport_Protocol_\(SCTP\)/conception.html](http://igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2010/Stream_Control_Transport_Protocol_(SCTP)/conception.html)).

O :url :([http://igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2010/Stream_Control_Transport_Protocol_\(SCTP\)/conception.html](http://igm.univmlv.fr/~dr/XPOSE2010/Stream_Control_Transport_Protocol_(SCTP)/conception.html)).

P : Jean-Bernard Marcon (, ANDRE Alain(Développeur Full Stack chez Mapotempo).

Q : url(<https://tools.ietf.org/html/rfc791>).

R :url(<https://hal.inria.fr/inria-00114364/en/>).

S :url(https://www.researchgate.net/publication/224687187_TEMIC_a_New_Cooperative_Platform_for_Industrial_Tele-Maintenance).

Annexe

Réseaux informatique

Un réseau est un ensemble d'objets interconnectés les uns avec les autres. Il permet de faire circuler des éléments entre chacun de ces objets selon des règles bien définies. Dans le cas où les objets sont des ordinateurs on parle d'un réseau informatique [A].

2.1 Les différents types de réseaux

On peut distinguer différents types de réseaux selon plusieurs critères tels que (la taille de réseau, sa vitesse de transfert des données et aussi leur étendue) :

❖ LAN (Local Area Network en français Réseau Local)

Il s'agit d'un ensemble d'ordinateurs appartenant à une même organisation et reliés entre eux dans une petite aire géographique par un réseau, souvent à l'aide d'une même technologie (la plus répandue étant Ethernet) [B].

❖ WAN (Wide Area Network ou réseau étendu)

Interconnecte plusieurs LANs à travers de grandes distances géographiques. Les WAN fonctionnent grâce à des routeurs qui permettent de "choisir" le trajet le plus approprié pour atteindre un nœud du réseau. Le plus connu des WAN est Internet [B].

2.2 Equipements réseau

L'interconnexion de réseaux peut être locale (LAN) : les réseaux sont sur le même site géographique. Dans ce cas, un équipement standard (Récepteur, routeur etc.) Fait à réaliser physiquement à la liaison.

L'interconnexion peut aussi concerner des réseaux distants(WAN): Il est alors nécessaire de relier ces réseaux par une liaison téléphonique (modems, etc..). Il existe plusieurs équipements dans l'interconnexion de réseaux, les plus importants sont :

❖ Commutateurs (Switches)

Le commutateur (ou Switch) est un système assurant l'interconnexion de stations ou de segments d'un LAN en leur attribuant l'intégralité de la bande passante, à l'inverse du concentrateur qui la partage.

VOIP : est un acronyme qui signifie Voice Over Internet Protocol, ou en d'autres termes, la transmission de la voix via Internet.VOBB : *Voice of Bonne Bay*/RTMP : *Real Time Messaging Protocol*

Les commutateurs ont donc été introduits pour augmenter la bande passante globale d'un réseau d'entreprise et sont une évolution des concentrateurs Ethernet (ou HUB) [B].

❖ Routeurs (Routers)

Ils relient des réseaux logiques différents, généralement distants. Ils filtrent les informations mais à un niveau beaucoup plus fin et l'on peut même s'en servir pour protéger un réseau de l'extérieur tout en laissant des réseaux "amis" accéder au réseau local [B].

2.3 Protocole IP (Internet Protocole)

Le protocole Internet (IP) est le principal protocole de communication de la suite de protocoles Internet pour relayer (transporter) les paquets à travers les limites du réseau. Sa fonction de routage permet l'interconnexion de réseaux, et établit essentiellement Internet . L'IP a pour tâche de fournir des paquets de l'hôte source à l'hôte de destination uniquement en fonction des adresses IP dans les en-têtes des paquets. A cet effet, IP définit des structures de paquets qui encapsulent les données à délivrer. Il définit également les méthodes d'adressage utilisées pour étiqueter le datagramme avec des informations sur la source et la destination[C].

2.3.1 Adressage IP et la structure d'adresses

Comme l'Internet est un réseau, l'adressage est particulièrement important. Les adresses IP ont été définies pour être traitées rapidement. Les routeurs qui effectuent le routage en se basant sur le numéro de réseau sont dépendants de cette structure. Les adresses IP peuvent donc être représentées sur 32 bits, regroupées en quatre octets de 8bits séparés par des points décimaux. Ces 32 bit sont séparés en deux zones de bits contiguës [B]:

Network ID : une partie décrit le numéro du réseau local auquel est rattachée la station [B].

Host ID : une partie correspond au numéro de la station dans le réseau local lui-même, appelé Numéro d'hôte [B].

Il y a aussi l'adresse IPv6 est une adresse IP, dans la version 6 du protocole IP(IPv6). Une adresse IPv6 est longue de 128 bits, soit 16 octets, contre 32 bits pour IPv4. On dispose ainsi d'environ $3,4 \times 10^{38}$ adresses. Cela équivaut à un nombre illimité puisque pour saturer le système, il faudrait placer plus de 667 millions de milliards d'appareils connectés à internet sur chaque millimètre carré de surface terrestre [D].

2.3.1. A Type d'adresse IP

Il y a deux types d'adresse IP :

❖ Adresse IP privée :

Les adresses IP privées représentent toutes les adresses IP de classe A, B et C que l'on peut utiliser dans un réseau local (LAN) c'est-à-dire dans le réseau de l'entreprise ou dans le réseau domestique. De plus, les adresses IP privées ne peuvent pas être utilisées sur internet (car elles ne peuvent pas être routées sur internet), les hôtes qui les utilisent sont visibles

uniquement dans le réseau local. Les classes A, B et C comprennent chacune une plage d'adresses IP privées à l'intérieur de la plage globale [E].

❖ Adresse IP Public

Contrairement aux adresses IP privées, les adresses IP publiques ne sont pas utilisées dans un réseau local mais uniquement sur internet. Les routeurs (par exemple : votre box) dispose d'une adresse IP publique côté internet, ce qui rend votre box visible sur internet. Mais aussi, lorsque vous accédez à un site web vous utilisez l'adresse publique du serveur web.

- Les adresses privées de la classe A : **10.0.0.0 à 10.255.255.255.**
- Les adresses privées de la classe B : **172.16.0.0 à 172.31.255.255.**
- Les adresses privées de la classe C : **192.168.1.0 à 192.168.255.255.**

Une adresse IP publique est unique dans le monde, ce qui n'est pas le cas des adresses privées qui doivent être unique dans un même réseau local mais pas au niveau planétaire étant donné que ces adresses ne peuvent pas être routées sur internet [E]. Les adresses IP publiques représentent toutes les adresses IP des classes A, B et C qui ne font pas partie de la plage d'adresses privées de ces classes ou des exceptions de la classe A [E].

2.3.2 Défauts et avantages

Le protocole IP présente un service non fiable. En plus de sa rapidité, il présente l'avantage d'avoir été conçu spécialement pour permettre à plusieurs réseaux hétérogènes de coopérer (l'inter réseautage) [C].

2.4 Modèle TCP/IP

Le modèle TCP/IP inspiré du modèle OSI (le modèle qui contient les sept couches définit au schéma ci-dessus (figure 10), reprend l'approche modulaire (utilisation des couches) mais contient uniquement quatre couches : la couche d'application (elle comprend les couches application, présentation et session du modèle OSI, la couche transport (qui utilise les protocoles TCP ou UDP), la couche internet (la couche réseau) et la couche d'accès réseau (les couches liaison et physique d'OSI) [Commer00].

En effet, TCP/IP fournit un protocole standard pour résoudre le problème de connexion entre différents réseaux. TCP se charge du transport de bout en bout pour toute application alors qu'IP (Internet Protocol) est responsable du routage à travers le réseau [Commer00].

2.4.1 Définition des couches

- ❖ **Couche d'accès au réseau** est la première couche du modèle TCP/IP, elle offre la capacité d'accéder à un réseau physique quel qu'il soit, c'est-à-dire les moyens à mettre en œuvre

Un protocole est un ensemble de spécifications décrivant les conventions et les règles à suivre dans un échange.

afin de transmettre des données via un réseau. Ainsi, la couche d'accès au réseau contient toutes les spécifications concernant la transmission de données sur un réseau physique, qu'il s'agisse de réseau local, de connexion à une ligne téléphonique ou de n'importe quel type de liaison à un réseau [Commer00].

- ❖ **Couche Internet** est la couche la plus importante (elles ont toutes leur importance) car c'est elle qui définit les datagrammes et qui gère les notions d'adressage IP. Elle permet l'acheminement des paquets de données vers des machines distante [Commer00].
- ❖ **Couche transport** contient deux protocoles permettant à deux applications d'échanger des données indépendamment du type de réseau emprunté (c'est à dire indépendamment des couches inférieures). Il s'agit des protocoles TCP (Transmission Control Protocol), et UDP (User Datagram Protocole) [Commer00].
- ❖ **Couche application** est la couche située au sommet des couches de protocoles TCP/IP. Celle-ci contient les applications réseau permettant de communiquer grâce aux couches inférieures [Commer00].

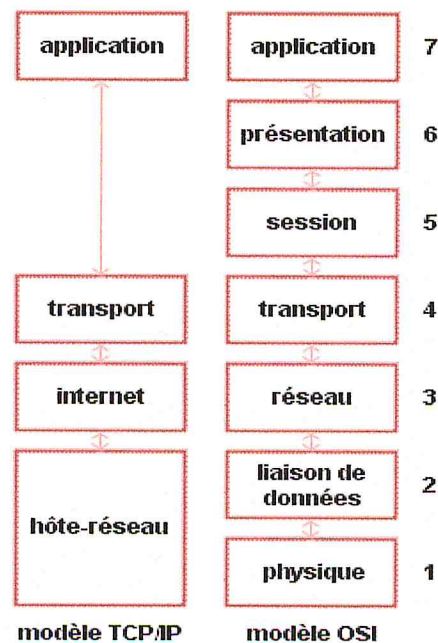


Figure 1 Les couches de modèle OSI et modèle TCP/IP

2.5 Les protocoles de couche transport

Pour faire le transport de donnée dans le réseau, on a besoin d'utiliser des protocoles permettre de prendre en charge cette fonctionnalité.

2.5.1 Le Protocole TCP

Le Transport Control Protocol (TCP) est le protocole de transport le plus utilisé sur Internet. Il offre quelques services essentiels qu'IP ne fournit pas. Grâce à des échanges d'accusés de réception et de renvoi automatique des paquets en cas de problèmes, le protocole TCP peut être considéré comme fiable [Dunod 2006].

Le protocole TCP gère des connexions: avant de se communiquer des données, les deux stations doivent établir une connexion logique, appelée un socket (littéralement, une prise). Bien que dans la pratique les données soient toujours échangées par le biais de paquets, le protocole TCP donne l'illusion aux protocoles de couches supérieures que le flux de données est continu, en regroupant lui-même les données à transmettre en paquets et en les rassemblant à l'arrivée (éventuellement en les remettant dans le bon ordre) [Dunod 2006].

Ceci est particulièrement pratique lorsqu'il s'agit de transférer des fichiers, par exemple. TCP offre ainsi des connexions fiables et full duplex, c'est-à-dire que les deux stations peuvent envoyer et recevoir des données au travers du même socket TCP/IP. Comme UDP, un paquet TCP contient un port source et un port de destination. Une fois qu'un socket est établi, les ports source et destination sont fixés [Dunod 2006].

Un mécanisme (optionnel) permet de détecter si un socket est rompu même lorsqu'il n'est pas utilisé par les couches supérieures, et d'en informer les couches supérieures.

Comme si tout ceci n'était pas suffisant, TCP contrôle automatiquement le débit, pour l'optimiser en fonction de la bande passante et de la disponibilité de chaque station [Dunod 2006].

2.5.2 Le Protocole UDP

Le protocole UDP (*User Datagram Protocol*) est un protocole non orienté connexion de la couche transport du modèle TCP/IP. ». C'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire d'établir un lien entre deux stations avant de communiquer. Comme IP, rien ne garantit qu'un paquet UDP arrive bien à destination, et en outre, si l'on envoie plusieurs paquets, on ne peut même pas être sûr qu'ils arriveront dans le bon ordre ! En revanche, c'est un protocole très « léger », qui est bien adapté pour des échanges ponctuels ou des échanges de données pour les quels quelques pertes et imprécisions ne sont pas graves pourvu que le flux soit soutenu (streaming vidéo par exemple). En outre, il est possible d'envoyer des paquets UDP en broadcast ou en multicast [Dunod 2006].

2.5.2. A Caractéristiques d'UDP

- UDP possède un mécanisme d'identification des processus d'application à l'aide de numéros de port UDP.
- UDP est orienté datagrammes (sans connexion), ce qui évite les problèmes liés à l'ouverture, le maintien et la fermeture des connexions.
- UDP ne séquence pas les données. La remise conforme des données n'est pas garantie.
- UDP peut également vérifier l'intégrité des données (et des données seulement) avec un somme de contrôle.
- UDP est plus rapide, plus simple et plus efficace que TCP, mais il est moins robuste.

2.6 NAT (Network Address Translation)

Le routeur Nat (Network Address Translation) est une machine qui se trouve entre le réseau privé (local) et internet il fait du routage de paquets IP de réseau privé vers internet.

Le routeur Nat dispose d'une seule adresse connue sur internet. Il se charge de traduire les adresses de la machines locales, en utilisant sa propre adresse [F].

2.6.1 Fonctionnement

Lorsque le routeur Nat reçoit un paquet d'une machine du réseau local, il change l'adresse pour mettre sa propre adresse IP, change le port de l'application cliente par une valeur à lui, puis stocke cette information dans une table. Lorsqu'il reçoit la réponse, il vérifie dans ses tables qu'il possède bien l'entrée correspondante, puis réécrit le paquet avec l'adresse IP de la machine de votre réseau local. Ce paquet retrouve ainsi la machine qui a émis le paquet d'origine [F].

2.6.2 Différents types de NAT

Il existe plusieurs types de NAT qui permette d'accéder au réseau WAN.

2.6.2. A NAT statique

La NAT statique, se base sur l'association de n adresses privées avec n adresses publiques. C'est-à-dire pour chaque adresse IP interne, on associe une adresse IP externe. 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 [F].

2.6.2. B NAT Dynamique

La NAT dynamique est aussi appelée IP masquerading. Contrairement à la NAT statique, la NAT dynamique associe M adresses publiques à N adresses privées, on peut associer une adresse publique à n adresses privées et permettre ainsi à un grand nombre de machines ayant des adresses privées d'accéder à internet Par contre, nous verrons que cette méthode possède quelques inconvénients. Et contrairement à la NAT statique, le routeur qui effectue la NAT devra à la fois modifier les adresses IP mais aussi les ports TCP/UDP [F].

2.6.2. C NAT Symétrique

La technique des routeurs NAT symétrique diffère des autres techniques énumérées précédemment dans la façon dont elle traite les paquets sortant. En effet, à chaque demande de communication vers le réseau externe, l'adresse du routeur NAT et un port assigné aléatoirement vont être assignés aux paquets sortants. En ce qui concerne les connexions entrantes, ce type de routeurs NAT agit comme un cône restrictif sur les ports (Figure 11) [G].

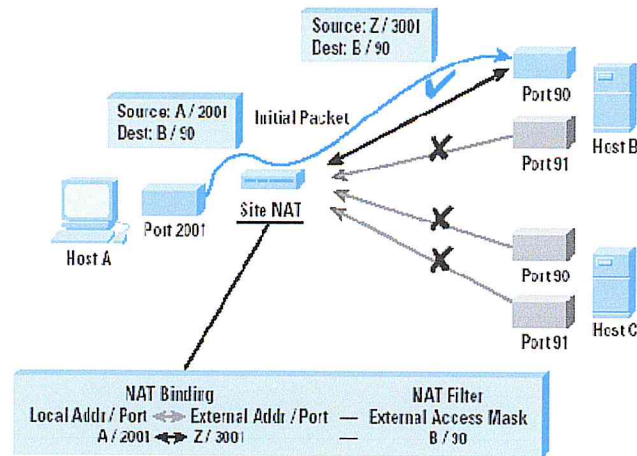


Figure 2 Architecture du NAT Symétrique

