

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENSION DU DIPLOME

DE MASTER EN INFORMATIQUE

OPTION GENIE LOGICIEL

THEME :

**CONCEPTION ET REALISATION D'UNE TABLE
INTERACTIVE POUR LA MANIPULATION DE
DOCUMENTS NUMERIQUES**

Promoteur :

M^r BALA Mahfoud

Organisme d'accueil :

Centre de Développement des
Technologies Avancées

CDTA

Encadreur :

M^r BELHOCINE Mahmoud

M^r BENBELKACEM Samir

Réalisé par :

M^{lle} AOUIZ Sara

M^{lle} BELLAG Aicha

Promotion : 2010 - 2011

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions tout d'abord ALLAH, qui nous a permis d'aboutir à cette fin tant souhaitée, en nous dotant de la patience et du courage nécessaires pour surmonter les difficultés que nous avons rencontrées au cours de notre cursus.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos parents qui nous ont aidés par leurs courages et leurs compréhensions tout au long de notre projet.

Nous tenons aussi à exprimer nos remerciements les plus chaleureux à M^r Samir BENBELKACEM du CDTA pour son précieuse aide, son suivi rigoureux et sa disponibilité pendant notre travail.

Nos vifs remerciements vont également à M^r Mahfoud BALA qui a accepté d'être notre promoteur. Et aussi pour l'aide et le temps qu'il a consacré à la mise en ordre des différentes idées contenues dans ce rapport et pour ses directives qui nous ont été d'un appui considérable.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous le personnel du CDTA, en particulier M^r Abdelkader BELLARBI.

Nous remercions vivement nos enseignants du 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 remercions également chacun des membres du jury pour nous avoir fait l'insigne honneur d'accepter de juger notre travail,

Enfin, Nous tenons à présenter nos remerciements à tous ceux qui ont collaborés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

« Quel bonheur d'avoir pour métier sa passion »

« Stendhard »

Dédicace

A mes parents les plus chers à mon cœur, qui m'ont encouragé à poursuivre mes rêves et soutenu dans chaque étape de ma vie, qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, et qui font tout pour nous rendre heureux. Que Dieu le tout puissant veille sur eux et les protège ;

A mon unique frère Mohamed, aucun mot ne pourra exprimer ma gratitude envers lui;

A mes adorables sœurs Assia et Meriem, que Dieu les garde ;

A toute ma famille maternelle et paternelle ;

A ma très chère et fidèle binôme et amie Aïcha. Merci de m'avoir supporté tout au long de ce projet, de m'avoir encouragé et surtout d'avoir été toujours là pour moi dans les moments les plus durs, ainsi qu'à toute sa famille ;

A mon fiancé Ahmed pour son soutien et encouragement, et toute son adorable famille;

A ma copine de chambre Houda et toutes mes amies du palais H15 500 de la cité universitaire « Maaizi Fatima-Zohra » ;

Je dédie ce modeste travail.

SARA.

Dédicace

A la personne la plus chère à mon cœur, ma mère qui m'a encouragé à poursuivre mes rêves et soutenu dans chaque étape de ma vie. Que Dieu le tout puissant veille sur elle et la protège ;

A mon superbe père qui m'indique toujours la bonne voie, qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui, et qui fait tout pour nous rendre heureux ;

A mon unique frère Zakaria, aucun mot ne pourra exprimer mon attachement envers toi ;

A ma charmante sœur Yousra, que Dieu te garde ;

A mes grands parents et à toute ma famille maternelle et paternelle ;

A ma très chère tante Nawel, et chère cousine Wafaa ;

A ma très chère et fidele binôme et amie Sara .Merci de m'avoir supporté tout au long de ce projet, de m'avoir encouragé et surtout d'avoir été toujours là pour moi dans les moments les plus dures, ainsi qu'à toute sa famille ;

A Zaki et toute son adorable famille pour leur soutien et encouragement ;

Je dédie ce modeste travail.

AICHA.

RESUME

Notre travail consiste à concevoir et réaliser une table interactive pour la gestion des documents numériques dans le cadre de la maintenance industrielle.

La maintenance des systèmes industriels est l'une des fonctions importantes pour améliorer la productivité des machines et garantir la qualité des produits et services, ce qui peut contribuer d'une manière significative à la performance globale de l'entreprise.

En plus, les moyens informatiques mis en œuvre ces dernières années apportent leur aide à la mise en place d'une meilleure politique de maintenance.

C'est dans cette optique que nous nous intéressons à développer une table interactive qui permet de visualiser, rechercher et manipuler des documents numériques d'une manière simple et rapide. Ces documents (support de documentation sur l'équipement à réparer, historique des pannes, scénarii d'intervention, ...etc.) sont destinés à aider un technicien à effectuer des opérations de maintenance sur des équipements industriels. Ainsi, la solution élaborée réduit considérablement le délai d'intervention.

Pour développer notre table interactive nommée TIAM (Table Interactive pour l'Aide à la Maintenance), nous avons utilisé des outils liés au concept de la réalité mixte où plusieurs techniques et outils logiciels ont été mis en œuvre. Ainsi, nous avons opté pour un outil de mixage appelé « ARToolkit » et nous avons utilisé des dispositifs courants comme un vidéo-projecteur, une caméra et une table simple.

Mots clés : *réalité mixte, maintenance, table interactive, système de recalage, ARToolkit, processus 2TUP, modélisation UML, gestion de documents numériques.*

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Les systèmes interactifs mixtes.....	4
1- Introduction.....	5
2- Réalité Mixte (définition plus générale de la réalité augmentée).....	5
2.1- Objets réels et virtuels.....	6
2.2- Réalité Augmentée.....	7
2.3- Virtualité Augmentée.....	7
2.4- Réalité Virtuelle.....	7
3- Réalité Virtuelle versus Réalité Mixte.....	8
4- Continuum réel – virtuel.....	8
5- Systèmes interactifs mixtes.....	8
6- Exemples de systèmes interactifs mixtes :.....	9
6.1- Systèmes interactifs pour la médecine :.....	9
6.2- Système interactif pour l’enseignement, la formation et l’apprentissage.....	9
6.3- Système interactif pour la bureautique.....	9
6.4- Système interactif pour l’industrie et la maintenance.....	9
7- Dispositifs utilisés pour l’élaboration des systèmes interactifs.....	10
7.1- Les dispositifs d’entrée.....	10
7.2- Les dispositifs en sortie.....	10
8- Systèmes de recalages pour la mise en œuvre d’un système interactif.....	11
8.1- Techniques de recalage basées capteurs.....	11
8.2- Techniques de recalage basées vision.....	11
9- Conclusion :.....	14
Chapitre 2 : Gestion de documents numériques dans le cadre de la maintenance industrielle.....	15
1- Introduction.....	16
2- Définition de la maintenance et historique.....	16
3- Définition de la E-maintenance.....	17
4- Plateforme de la E-maintenance.....	18
5- Etablissement d’une plateforme de E-maintenance.....	19

6- Objectif.....	21
7- Conclusion.....	22

Chapitre 3 : Conception d'un système interactif pour la gestion de documents

numériques.....	23
1- Introduction.....	24
2- Le processus de développement logiciel 2TUP.....	24
3- Le langage de modélisation UML.....	24
4- Conception de la Table Interactive pour l'Aide à la Maintenance (TIAM).....	25
4.1- Etude préliminaire.....	25
4.1.1- Présentation du projet à réaliser.....	25
4.1.2- Grands choix techniques.....	25
4.1.3- Identification des acteurs.....	26
4.1.4- Description du contexte.....	28
4.2- Capture des besoins techniques.....	33
4.2.1- Architecture du système.....	33
4.2.2- Identification des cas d'utilisations techniques.....	34
4.2.3- Description détaillée des cas d'utilisations techniques :.....	36
4.2.4- Diagramme global des cas d'utilisations techniques.....	42
4.2.5- Identification des classes candidates techniques :.....	43
4.3- Capture des besoins fonctionnels :.....	45
4.3.1- Identification des cas d'utilisations fonctionnels.....	45
4.3.2- Description détaillée des cas d'utilisations fonctionnels.....	49
4.3.3- Diagramme global des cas d'utilisations fonctionnels.....	64
4.3.4- Identification des classes candidates fonctionnelles.....	65
4.4- Analyse:.....	70
4.4.1- Développement du modèle statique.....	70
4.4.2- Développement du modèle dynamique :.....	72
4.5 Conception détaillée:.....	96
4.5.1- Description détaillée des classe.....	96
4.5.2- Description détaillée des associations.....	100
4.5.3- Passage au modèle relationnel.....	101

5- Conclusion :	103
-----------------------	-----

Chapitre 4 : Réalisation d'un système interactif pour la gestion de documents

numériques.....	104
1- Introduction.....	105
2- Les besoins techniques.....	105
2.1- Partie matérielle	105
2.2- Partie logicielle	107
3- Mise en marche de notre système « TIAM ».....	108
3.1- Interface principale	110
3.2- Phase de calibrage.....	110
3.3- Illustration de notre application.....	112
4- Conclusion	116
Conclusion générale.....	117

Annexe.

Références bibliographiques.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma illustratif de la réalité mixte.....	6
Figure 2 : Le "Continuum réel - virtuel"	8
Figure 3 : Exemple de marqueurs utilisés par ARToolkit.....	12
Figure 4 : Fonctionnement global d'ARToolkit.....	12
Figure 5 : La maintenance à distance.....	17
Figure 6 : Description de la plateforme proposée par le CDTA	20
Figure 7 : Schéma de principe d'une table interactive pour la gestion de documents.....	22
Figure 8 : Les acteurs de notre système.....	26
Figure 9 : Diagramme du contexte.....	33
Figure 10 : Architecture globale du système.....	34
Figure 11 : Diagramme du cas d'utilisation : « Calibrer le système »	37
Figure 12 : Diagramme du cas d'utilisation : « S'authentifier ».....	38
Figure 13 : Diagramme du cas d'utilisation : « Etablir les préférences ».....	39
Figure 14 : Diagramme du cas d'utilisation : « Gérer les profils des utilisateurs ».....	40
Figure 15 : Diagramme global des cas d'utilisations techniques.....	42
Figure 16 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Calibrer le système».....	43
Figure 17: Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «S'authentifier».....	44
Figure 18 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Etablir les préférences».....	44
Figure 19 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Gérer les profils des utilisateurs ».....	45
Figure 20 : Diagramme de cas d'utilisation «Choisir une catégorie ».....	50
Figure 21 : Diagramme de cas d'utilisation «Consulter un document ».....	51
Figure 22 : Diagramme de cas d'utilisation «Charger un document ».....	52
Figure 23 : Diagramme de cas d'utilisation «Zoomer un document ».....	54
Figure 24 : Diagramme de cas d'utilisation «Déplacer un document».....	55
Figure 25 : Diagramme de cas d'utilisation «Rechercher un document ».....	56
Figure 26 : Diagramme de cas d'utilisation «Ajouter un document».....	58

Figure 27 : Diagramme de cas d'utilisation « Mettre à jour un document ».....	59
Figure 28 : Diagramme de cas d'utilisation «Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document».....	61
Figure 29 : Diagramme de cas d'utilisation «Mettre à jour une catégorie de documents ».....	63
Figure 30 : Diagramme global des cas d'utilisations fonctionnels.....	64
Figure 31 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation « Choisir une catégorie».....	65
Figure 32 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Consulter un document ».....	66
Figure 33 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Charger un document ».....	66
Figure 34 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Zoomer/Déplacer un document ».....	67
Figure 35 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Rechercher un document »	67
Figure 36 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Ajouter un document».....	68
Figure 37 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Mettre à jour un document ».....	68
Figure 38 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document».....	69
Figure 39 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Mettre à jour une catégorie ».....	70
Figure 40 : Diagramme de classe globale.....	71
Figure 41 : Diagramme de séquence «Calibrer le système ».....	73
Figure 42 : Diagramme de séquence «S'authentifier ».....	74
Figure 43 : Diagramme de séquence «Établir les préférences ».....	76
Figure 44 : Diagramme de séquence «Gérer les profils des utilisateurs ».....	77
Figure 45 : Diagramme de séquence «Choisir une catégorie ».....	78
Figure 46 : Diagramme de séquence «Consulter un document ».....	79
Figure 47 : Diagramme de séquence «Charger un document ».....	80
Figure 48 : Diagramme de séquence «Zoomer un document ».....	81
Figure 49 : Diagramme de séquence «Déplacer un document ».....	83

Figure 50 : Diagramme de séquence «Rechercher un document ».....	84
Figure 51 : Diagramme de séquence «Ajouter un document ».....	87
Figure 52 : Diagramme de séquence «Mettre à jour un document ».....	90
Figure 53 : Diagramme de séquence «Autoriser la mise à jour et l’ajout d’un document ».....	93
Figure 54 : Diagramme de séquence «Mettre à jour une catégorie de documents ».....	95
Figure 55 : Schéma relationnel de notre base de données.....	102
Figure 56 : WEBCAM Logitech 2.0.....	105
Figure 57 : Vidéo-projecteur EPSON EMP S1H.....	106
Figure 58 : Marqueurs utilisés pour la table en dimension réelle.....	106
Figure 59 : Marqueurs utilisés pour le stylet en dimension réelle	107
Figure 60 : Plateforme matérielle de TIAM.....	109
Figure 61 : Interface principale de TIAM.....	110
Figure 62 : Calibrage de la caméra sur l’image projetée.....	111
Figure 63 : Calibrage de TIAM.....	112
Figure 64 : Interface d’authentification de TIAM.....	112
Figure 65 : Interfaces des différents utilisateurs de TIAM.....	114
Figure 66 : Interface de choix et de recherche d’un document	114
Figure 67 : Zoom d’un document.....	115
Figure 68 : Modification d’un document.....	116

Liste de tableaux

Tableau 1 : Rôle des acteurs.....	26
Tableau 2 : Messages acteurs / système.....	32
Tableau 3 : Identification des cas d’utilisations techniques.....	36
Tableau 4 : Identification des cas d’utilisation fonctionnels.....	49
Tableau 5 : Tableau de description des classes du système.....	100
Tableau 6 : Tableau de description des associations du système.....	101
Tableau 7 : Configuration de TIAM.....	109

Introduction générale

L'informatique, dite ambiante, s'est installée depuis quelques années dans notre environnement. L'utilisateur peut désormais interagir sur différentes plates-formes d'interaction (PDA, PC, téléphone portable, ...etc.) tout en restant connecté au reste du monde et ce, grâce aux avancées des technologies sans fil.

Toutefois, les interactions semblent également évoluer avec les plates-formes. Les nouvelles technologies embarquent des surfaces tactiles (ou tables interactives), utilisent nos objets de tous les jours, et peuvent même stocker des informations personnelles dans ceux-ci.

Avec l'émergence du paradigme de la réalité mixte, le concept des tables interactives a pris une autre dimension en terme de développement et de réalisations. La réalité mixte se définit comme un système permettant d'intégrer des données numériques et des éléments du monde réel afin de rendre invisibles les médias (clavier, souris, écran) qui séparent l'utilisateur de ses documents numériques.

Ainsi, la réalité mixte offre un espace de visualisation varié pour tous les utilisateurs de la table. Elle leur permet d'éditer et de modifier des documents numériques. Enfin, elle offre un mode d'interaction basé sur la métaphore de l'échange et du partage de documents (manipulation sur la table directement avec le doigt, stylet, ... etc.).

Les tables interactives destinées à la manipulation des documents numériques ont pris une place importante dans divers domaines notamment dans le domaine de la maintenance industrielle.

A titre d'exemple, pour effectuer des opérations de réparation, le technicien fait appel à des supports de documentation sous forme papier dans le but d'avoir des informations supplémentaires sur l'équipement à réparer. Cependant, cette recherche qui se fait manuellement pénalise le technicien dans la réalisation de sa tâche (perte de temps, recherche fastidieuse, ...etc.). C'est dans cette optique que nous proposons une solution efficace qui permet de gérer la documentation d'une façon simple et conviviale.

Ainsi, notre travail s'inscrit dans le cadre du projet « *Plateforme Interactive Collaborative et Mobile : application à la maintenance industrielle* » initié au sein de l'équipe VAANIM (Vision Artificielle et ANalyse d'IMage) de la division Robotique et Productique du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA). Il s'agit de concevoir et de réaliser

une table interactive, en se basant sur le concept de la réalité mixte, pour la gestion des documents numériques.

A cet effet, le mémoire que nous présentons est décomposé en deux parties. La première est consacrée à l'état de l'art sur les systèmes interactifs mixtes et la maintenance industrielle. La deuxième partie contient nos contributions.

Plus précisément, notre mémoire est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre, nous présentons le paradigme de la réalité mixte à travers le concept de la réalité augmentée, la virtualité augmentée et de la réalité virtuelle. Aussi, nous exposons les différentes techniques de suivi utilisés en réalité mixte qui sont basés sur les techniques de vision. Un choix sera effectué sur l'outil « ARToolkit ».

Le deuxième chapitre décrit le concept de la maintenance industrielle. Ici, nous avons défini le cadre de notre travail qui s'insère dans un projet global d'élaboration d'une plateforme de e-maintenance.

Le troisième chapitre s'intéresse à la conception d'un système interactif mixte pour la gestion de documents numériques.

La mise en œuvre du système est abordée dans le quatrième chapitre où une table interactive appelée « TIAM » a été développée. Des exemples applicatifs sont illustrés.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale, présentant l'importance de notre table interactive et dégageant les perspectives envisagées à court et à moyen terme.

Chapitre 1

Les systèmes interactifs mixtes

1- Introduction

La réalité augmentée (plus généralement la réalité mixte) est un domaine émergent en forte progression et ceci avec l'émergence de nouvelles technologies telles que les écrans tactiles, les Pocket PC et les casques de visualisation. La réalité mixte consiste à fusionner des objets provenant de deux mondes distincts : le monde réel (ou physique) et le monde virtuel (ou numérique).

Aujourd'hui, plusieurs domaines de recherche et industriels font appel à ce nouveau paradigme vu qu'il offre des solutions efficaces et commodes à implémenter.

Dans ce chapitre, nous allons aborder les principes et les éléments nécessaires pour la mise en œuvre d'un système de réalité mixte. Ceci dans le but de réaliser une application spécifique.

2- Réalité Mixte (définition plus générale de la réalité augmentée)

Depuis une dizaine d'années, la communauté informatique cherche à réconcilier les deux mondes : *le monde réel* (l'environnement physique de l'utilisateur), et *le monde virtuel* qui regroupe les moyens de traitement, de stockage et de communication proposés par l'informatique : on parle de *mixage entre objets réels et virtuels* ou de *Réalité Mixte*.

La Réalité Mixte (RM) présente un domaine de recherche particulièrement jeune (une dizaine d'année) mais qu'il rassemble des chercheurs provenant principalement de deux communautés :

- Des chercheurs de la communauté de synthèse d'images (Computer Graphic).
- Des chercheurs de la communauté d'Interaction Homme-Machine (IHM).

Les premiers voient la RM comme une réintroduction d'objets réels dans les mondes virtuels. Ainsi leur approche est principalement centrée sur les problèmes de synthèse d'image et d'alignement de ces images virtuelles avec les objets réels.

Pour la communauté IHM, l'importance est mise du côté de l'utilisateur et de l'interaction avec le système. Le but est donc de profiter du meilleur des deux mondes en les intégrant de la manière la plus harmonieuse possible dans un objectif de cohérence et de continuité. Le but ultime n'est pas ici la fusion des mondes mais bien la transparence dans l'interaction: *l'interaction avec les objets virtuels doit être aussi naturelle qu'avec des objets réels.*

Ces deux approches ne sont pas contradictoires mais bien complémentaires, pouvant s'enrichir l'une de l'autre.

Pour notre part, nous retiendrons dans ce mémoire la définition suivante de la réalité mixte :

La **Réalité Mixte (RM)** qualifie un dispositif interactif dans lequel des entités physiques et des objets numériques sont mêlées avec des proportions différentes (Figure 1). L'ensemble est perçu de manière cohérente par l'utilisateur par un ou plusieurs de ses sens ce qui lui permet d'interagir avec les différents objets réels ou virtuels de manière cohérente.

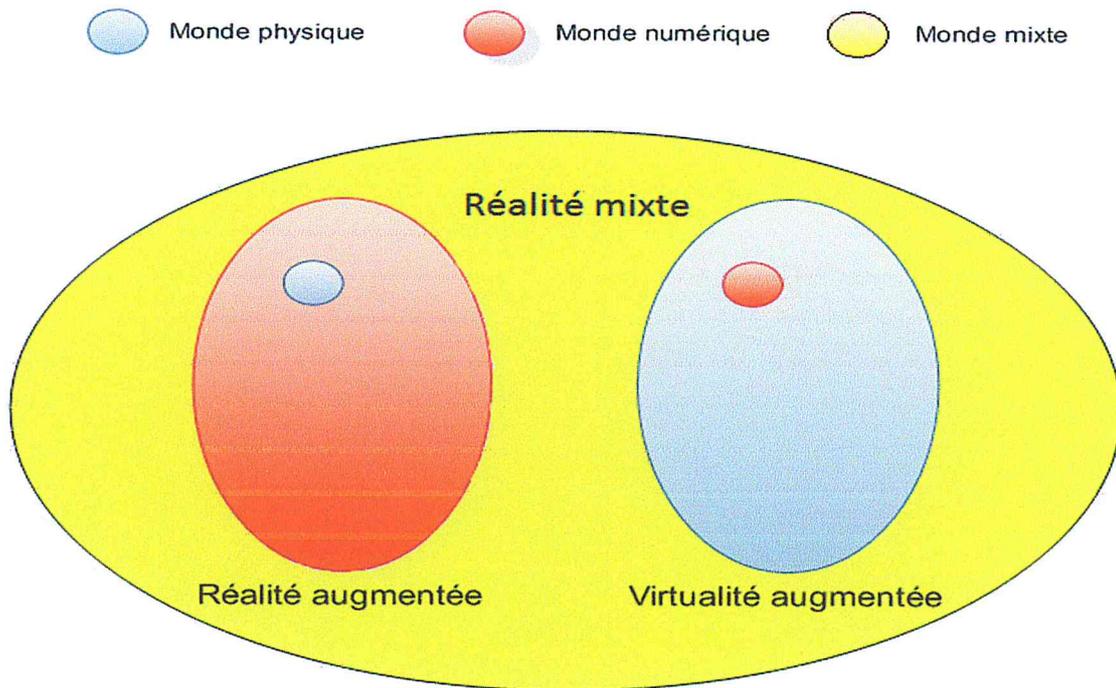


Figure 1: Schéma illustratif de la réalité mixte

2.1- Objets réels et virtuels

➤ Paul Milgram [📖 Milgram 94a] définit les objets réels et virtuels comme suit:

- **Les objets réels** sont tous les objets qui ont une existence concrète et objective. Pour être vu, un objet réel peut être observé directement ou être numérisé puis restitué par un périphérique de sortie.
- **Les objets virtuels** sont les objets qui existent par essence ou par effet mais non formellement ou concrètement. Pour être vu, un objet virtuel doit être simulé puisque par essence il n'existe pas.

➤ De leur côté, Trevisan [📖 Trevisan 03] [📖 Trevisan 04] distinguent 3 catégories d'objets :

- **Les objets réels ou physiques** sont des objets qui ont une existence concrète et objective, et qui peuvent être observés directement.
 - **Les objets numériques virtuels** sont des objets qui existent par essence ou effet mais non formellement ou concrètement, pour être vus, ils doivent être simulés.
 - **Les objets numériques réels** sont des objets réels perçus par des moyens numériques comme la vidéo d'une scène réelle.
- Pour notre part nous retiendrons :
- **Les objets réels** sont tous les objets qui possèdent une existence concrète dans l'environnement physique de l'utilisateur.
 - **Les objets virtuels** sont des objets, dans un sens général, générés par un ordinateur.

2.2- Réalité Augmentée

Selon Milgram, la Réalité Augmentée (RA) est définie comme l'ensemble des cas où un environnement réel est – *augmenté* – au moyen d'objets virtuels [📖 Milgram 94a].

2.3- Virtualité Augmentée

Par analogie à la réalité augmentée, la Virtualité Augmentée (VA) est définie comme un environnement virtuel augmenté au moyen d'objets réels [📖 Milgram 94a].

2.4- Réalité Virtuelle

Le Dictionnaire des arts médiatiques [📖 GRAM 96] définit la Réalité virtuelle (RV) comme :

Technologie propre aux systèmes informatiques visant à créer des environnements qui simulent le monde naturel ou un monde imaginaire et qui donnent à l'utilisateur l'impression de la réalité.

De nombreux auteurs préfèrent parler plus justement d'*environnements virtuels* au lieu de *réalité virtuelle*. Cependant, cette expression a eu un tel impact, voire un tel « succès commercial » qu'il faut désormais vivre avec cet abus de langage.

3- Réalité Virtuelle versus Réalité Mixte

La réalité mixte est donc parfois définie comme prenant le contre-pied de la réalité virtuelle, et au lieu d'enfermer les personnes dans un monde artificiel, se propose d'utiliser l'ordinateur pour simplement augmenter le monde réel des utilisateurs [📖 Wellner 93].

De son côté, la communauté de synthèse d'images ne voit pas la RM comme une opposition à la RV mais comme une extension : il s'agit de réintroduire des éléments réels dans une scène virtuelle [📖 Azuma 97].

4- Continuum réel – virtuel

Paul Milgram a proposé une unification des concepts en considérant un « *continuum réel – virtuel* » qui va du monde réel à des environnements entièrement virtuels [📖 Milgram 94a] [📖 Milgram 94b] [📖 Milgram 95]. Sur ce continuum (Figure 2), il considère les étapes intermédiaires sous l'appellation de *Réalité Mixte* (Mixed Reality) qui mélange des objets réels et virtuels. La Réalité Mixte (RM) se décline en deux sous cas : la Réalité Augmentée (RA) et la Virtualité Augmentée (VA) selon la proportion d'objets réels ou virtuels.



Figure 2 : Le "Continuum réel - virtuel" [Milgram 94a]

5- Systèmes interactifs mixtes

Philippe Renevier définit les *Systèmes Interactifs Mixtes* comme tout système utilisant la réalité mixte et qui met en œuvre une ou plusieurs augmentations [📖 Renevier 04]. Une *augmentation* est l'expression d'un lien entre le monde physique et le monde numérique, c'est-à-dire :

- Soit l'ajout d'une entité d'un des deux mondes dans l'autre monde.
- Soit la manipulation d'une entité d'un des deux mondes par des outils de l'autre monde.

6- Exemples de systèmes interactifs mixtes :

Dans cette section, nous présentons quelques exemples de systèmes interactifs mixtes :

6.1- Systèmes interactifs pour la médecine :

La médecine a été l'un des premiers domaines utilisant la réalité mixte dans diverses applications. Les médecins peuvent utiliser la RM comme une aide de visualisation et d'entraînement pour la chirurgie. Il est possible de collecter un ensemble de données 3D d'un patient en temps réel en utilisant des capteurs tel que l'IRM, la tomographie ou encore les images ultrasons. Ces ensembles de données peuvent être rendus et combinés en temps réel avec le patient. La fusion de toutes ces données permet la reconstitution du corps du patient en images virtuelles. Leur affichage calé sur le corps permet d'accéder aux informations qui guident le chirurgien dans son travail.

6.2- Système interactif pour l'enseignement, la formation et l'apprentissage

La réalité mixte offre des opportunités considérables dans le domaine de l'éducation. Elle permet d'assister l'enseignant dans sa méthode d'enseignement et ceci par l'intermédiaire des outils multimédia et interactifs de présentation des cours.

A titre d'exemple, la RM peut être utilisée dans l'enseignement des mathématiques, de la géographie, de l'astronomie, de la physique et autres.

6.3- Système interactif pour la bureautique

Ce sont des applications qui sont principalement dérivées d'applications classiques de bureautique tels que les traitements de texte, les tableurs, les logiciels de présentation, les calculatrices, ... etc. Généralement, elles cherchent à augmenter les documents papiers.

6.4- Système interactif pour l'industrie et la maintenance

La réalité mixte a également contribué dans l'industrie, et plus particulièrement dans la maintenance. En milieu industriel, les futures applications de la RM devraient permettre de simplifier considérablement certaines tâches de fabrication, d'assemblage, de maintenance ou de réparation.

7- Dispositifs utilisés pour l'élaboration des systèmes interactifs

En général, les systèmes de réalité mixte, aussi bien fixes que mobiles, sont construits sur la base d'une architecture similaire : *une caméra* filmant la scène visionnée par l'utilisateur, *un ordinateur* générant les entités virtuelles, *des dispositifs d'entrée et de présentation d'information*, *des capteurs* de la position de l'utilisateur et *des objets de l'environnement réel*. Leurs caractéristiques peuvent fortement influencer les capacités du système de RM à être réellement utilisable par les utilisateurs.

Les dispositifs utilisés pour la réalité mixte peuvent être classés en deux grandes catégories :

7.1- Les dispositifs d'entrée

Ce sont les dispositifs qui permettent au système informatique de capturer des informations de la scène réelle.

- **Caméra** : sa tâche est de fournir le flux vidéo de la scène.
- **Microphone** : C'est un appareil électrostatique. Il permet d'augmenter la scène réelle par un signal sonore
- **Gants** : il est constitué d'un ensemble de capteur permettant à un utilisateur de saisir presque naturellement un objet virtuel et de le manipuler.

7.2- Les dispositifs en sortie

Il s'agit des systèmes qui permettent de visualiser la scène réelle augmentée par des objets virtuels. Nous distinguons les catégories suivantes :

- **Ecran passif** : Il s'agit de projeter une image virtuelle sur un mur, une table ou un rétroprojecteur.
- **Ecran actif** : il représente un écran du PC de bureau, du PC portable, ... etc.
- **Casque de visualisation** : Il s'agit d'un écran miniature placé sur un casque. Il utilise un système optique pour envoyer l'image vers la vue de l'utilisateur.
- **PDA** : (Personal Digital Assistant) C'est un appareil numérique portable équipé d'un écran parfois tactile, d'un appareil photo numérique et de fonctionnalités réseau notamment la technologie WIFI.

- **Vidéo-projecteur** : C'est un appareil de projection vidéo. Il permet de reproduire la scène augmentée sur un écran séparé ou sur une surface de projection murale blanche.

8- Systèmes de recalages pour la mise en œuvre d'un système interactif

Pour garantir une bonne insertion d'objets virtuels dans une scène réelle, l'application a besoin de connaître la position et l'orientation de la caméra en temps réel. Cela peut s'effectuer au moyen de plusieurs méthodes qui s'appuient sur la connaissance des paramètres de la caméra.

Il existe principalement deux approches pour accomplir le processus de recalage :

8.1- Techniques de recalage basées capteurs

Dans le passé, la majorité des systèmes de réalité mixte utilisaient des capteurs (magnétiques, mécaniques ou optiques) pour mesurer la position de la caméra. Notons que la grande précision qu'exige le processus de recalage a fait qu'aucun capteur seul ne suffit pour obtenir des résultats satisfaisants pour la plupart des applications [📖 Vallino 98]

8.2- Techniques de recalage basées vision

Les méthodes basées vision utilisent les images capturées par le système d'acquisition pour retrouver les paramètres de la caméra.

Leur principe est d'utiliser des marqueurs (ou cibles codées) dans le monde réel pour incruster l'objet virtuel. Dans ce cas, au lieu de chercher à reconnaître directement les objets du monde réel, il suffit de reconnaître les différentes cibles.

De nombreux systèmes de cibles codées existent. Les plus couramment utilisés sont Cybercode, Artag, ARlib et ARToolkit.

➤ ARToolkit

ARToolkit (Augmented Reality Toolkit) est une librairie software open-source utilisée pour concevoir des applications de réalité augmentée [📖 Kato 00]. Elle a été développée en 1999, par le docteur Hirokazu Kato de l'université d'Osaka au Japon. Puis les recherches ont été poursuivies par "the Human Interface Technology Laboratory" (HITLab) à l'université de Washington, et HITLab NZ à l'université de Canterbury en Nouvelle Zélande.

ARToolkit utilise les techniques de recalage basées vision pour calculer la position et l'orientation réelles de la caméra relative à des marqueurs. Le programmeur peut utiliser cette information pour dessiner l'objet 3D et l'aligner correctement à l'objet réel. La librairie « ARToolkit » possède plusieurs types de marqueurs. Ceci dépend de la forme de l'objet virtuel incrusté.

En plus, ARToolkit garantit le suivi de l'objet virtuel ajouté lorsque la caméra (ou l'utilisateur) change de position. Les marqueurs sont sous forme d'un carré noir avec plusieurs motifs (Figure 3). Ce type de marqueur est une forme simple qui peut être facilement identifiée pour l'incrustation de l'objet virtuel. La position et l'orientation de la caméra peuvent être calculées par l'identification de marqueurs dans un flux vidéo.

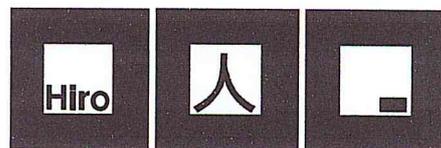


Figure 3 : Exemple de marqueurs utilisés par ARToolkit

- **Fonctionnement d'ARToolkit**

L'algorithme de détection d'ARToolkit effectue plusieurs étapes avant d'arriver au résultat désiré. Les étapes fondamentales sont : *Acquisition*, *Détection*, *Localisation spatiale*, et *Traitement*. Les étapes d'exécution sont illustrées dans la figure suivante :

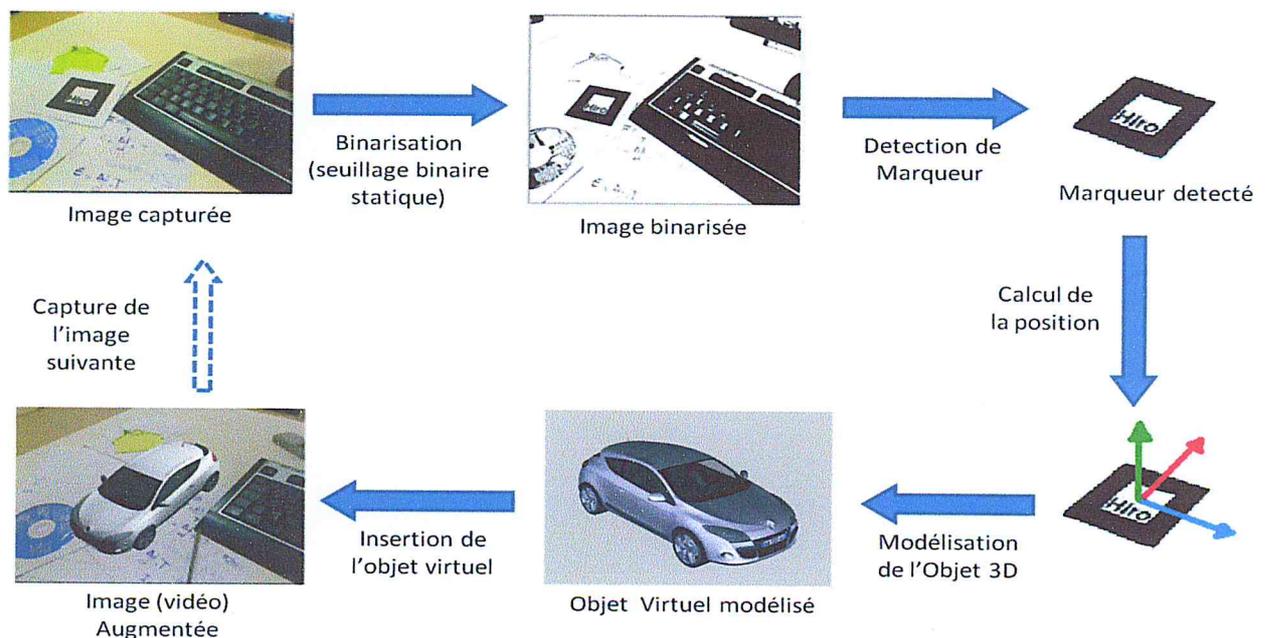


Figure 4 : Fonctionnement global d'ARToolkit

- **Etape 1 : Acquisition numérique d'un flux vidéo à l'aide d'une caméra**
Une image du monde réel est capturée grâce à un dispositif vidéo en entrée (webcam, caméra, ... etc.).
- **Etape 2 : Binarisation et détection des carrés noirs (marqueurs)**
Cette étape consiste à "binariser" l'image reçue. Il s'agit d'obtenir une image en noir et blanc pures (pas de nuances de gris intermédiaires).
Une fois la binarisation est effectuée par seuillage de la luminosité, l'algorithme effectue une opération de détection de contours pour extraire des carrés noirs qui représentent les contours des marqueurs existant dans la scène.
- **Etape 3 : Localisation spatiale**
Une fois le carré noir détecté, la librairie calcule mathématiquement la position et l'orientation de la caméra par rapport à ce carré (matrice de 3x4 de passage de la caméra au pattern).
- **Etape 4 : Identification du motif à l'intérieur du marqueur**
Le système cherche une correspondance entre le motif à l'intérieur du carré et ceux déjà présents en mémoire afin de connaître l'augmentation qui lui est associée.
- **Etape 5 : Traitement de l'objet 3D et affichage du rendu graphique**
Pendant cette étape, un objet 3D est généré. Cette augmentation est ensuite superposée à l'image capturée, positionnée, orientée et mise à l'échelle suivant les données fournies par le marqueur.

Malgré les avantages que présente ARToolkit dans l'incrustation des objets 3D dans une scène réelle, certaines performances restent à améliorer. Ainsi, ARToolkit présente des limites en termes de reconnaissance de la scène (problèmes de changement de luminosité) et de stabilité de l'objet virtuel incrusté.

L'équipe VAANIM du CDTA a proposé une solution pour résoudre le problème de luminosité (en utilisant la méthode de seuillage dynamique qui s'adapte aux variations de la luminosité pour assurer une bonne détection et une meilleure reconnaissance des marqueurs) et de stabilité des objets virtuels (avec la prise en compte des incertitudes)[ CDTA 10].

Dans ce cadre, une extension de la librairie a été proposée. Il s'agit de la librairie « I-ARToolkit » (Improved ARToolkit) [📖 CDTA 11].

Dans notre cas d'étude, nous nous basons sur cette librairie pour réaliser notre système de réalité mixte dans un cadre applicatif.

9- Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté le paradigme de la réalité mixte et les éléments nécessaires pour concevoir des systèmes interactifs mixtes. En plus, nous avons vu l'importance que constitue la réalité mixte dans l'amélioration des performances des acteurs et ceci dans plusieurs domaines.

Dans notre cas, nous nous focalisons sur le domaine de la maintenance industrielle qui reste un sujet d'actualité qui intéresse constamment les entreprises.

Pour cela, il est devenu nécessaire de proposer une stratégie de maintenance qui repose sur l'enrichissement de l'environnement de travail du technicien par ajout d'informations pertinentes.

A l'issue de cette problématique, nous nous intéressons à établir un système interactif d'aide à la maintenance. Il s'agit de réaliser une table interactive supportant des documents (sous forme numérique). L'utilisateur peut interagir avec la table dans le but d'obtenir les informations nécessaires à la maintenance de l'équipement.

Afin de maîtriser en place ce système, nous proposons d'abord de présenter une étude bibliographique succincte sur la maintenance. Ceci fera l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 2

Gestion des documents numériques dans le cadre de la maintenance industrielle

1- Introduction

La maintenance joue un rôle essentiel dans la vie industrielle. Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour assurer la qualité des produits et services et pour augmenter la compétitivité de l'entreprise.

Les entreprises sont sensibilisées à l'importance des coûts induits par les défaillances accidentelles des systèmes de production. Pour cela, l'activité de maintenance peut contribuer d'une manière significative à la performance globale de l'entreprise.

L'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication a permis le développement de nouveaux produits et de nouvelles offres de services. Dans ce cas, nous nous dirigeons vers des activités telles que : E-manufacturing, E-logistique, E-maintenance, ebusiness, ...etc. Parmi celles-ci, la E-maintenance apparaît comme discipline prometteuse pour améliorer les performances et la productivité des entreprises (qualité des produits, coût de production, sécurité des biens et du personnels).

Ainsi, la mise en œuvre d'une stratégie de maintenance et de E-maintenance semble nécessaire afin de permettre à tout les acteurs (technicien, experts, administrateurs, ... etc.) de bénéficier des nouvelles technologies dans l'exécution de leur tâches. Ceci contribue à améliorer les performances globales de l'entreprise à plusieurs niveaux.

Notre principal objectif est fournir des outils d'assistance permettant aux opérateurs d'effectuer des opérations de maintenance dans de bonnes conditions.

2- Définition de la maintenance et historique

La maintenance est l'ensemble de tout ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement [📖 Robert 04].

Avec le développement de l'industrie 1900 - 1970 (de chemins de fer, de l'automobile, de l'aviation et l'armement pendant les deux guerres mondiales) la notion d'entretien est apparue.

En 1990, la maintenance commença à gagner le secteur de la production de services. En 1994 AFNOR a défini la maintenance comme « l'ensemble des actions permettant de **maintenir** ou de **rétablir** un bien dans un état spécifié, ou dans un état où il est en mesure d'assurer un service déterminé ».

En 2001, la norme [📖 Afnor 01] offre une vision plus précise de la maintenance : « Un ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir pour accomplir à bien la fonction requise ». Maintenir un bien est un objectif visé à long terme, contrairement à l'action rétablir, qui vise le court terme.

La maintenance est aujourd'hui susceptible de concerner tous les secteurs d'activité : services généraux, immobiliers, transports, logiciels, ... etc.

3- Définition de la E-maintenance

L'utilisation des technologies de l'information a permis ces dernières années la mutation de l'activité de maintenance vers une activité appelée « E-maintenance ».

La E-maintenance est la forme évoluée de la maintenance avec l'avènement d'Internet. C'est un concept lié aux principes du web service, elle permet de partager des connaissances et de faire collaborer des acteurs [📖 Lung et al 06], [📖 Lee et al 06], [📖 Muller et al 08]. Elle est principalement utilisée pour répondre aux besoins qui se localisent dans des endroits géographiquement diversifiés.

Ainsi la E-maintenance permet de rendre disponibles des ressources à distance, ces ressources peuvent être matérielles (pièces de rechange, outillage documentation, ...etc.) ou immatérielles (humaines) accessibles grâce au réseau Internet (Figure 5).

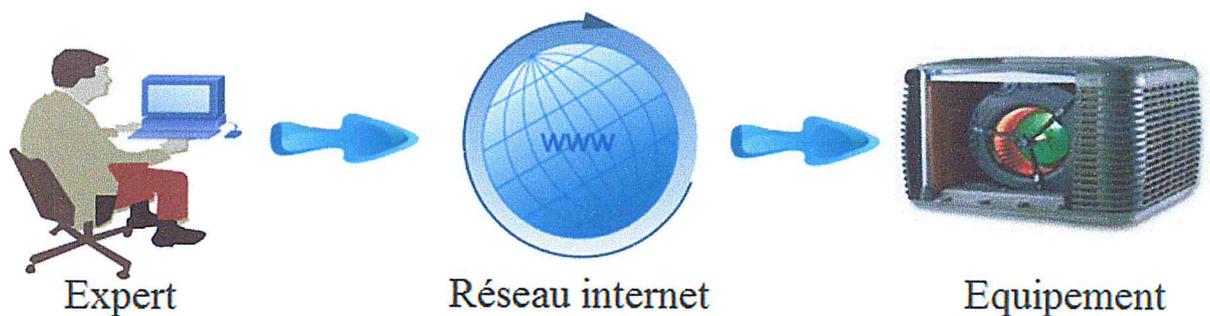


Figure 5 : La maintenance à distance

4- Plateforme de la E-maintenance

Une plateforme de E-maintenance est une plateforme informatique logicielle et/ou matérielle. Son principe consiste à intégrer l'ensemble des différents systèmes de maintenance dans un seul système d'information.

D'une manière générale, une plateforme de E-maintenance est composée de plusieurs modules. Il s'agit essentiellement d'un système de diagnostique/pronostique, d'un système de e-documentation, d'un ERP (Entreprise Resource Planning), d'un SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) et d'un système de GMAO (Gestion de maintenance assistée par ordinateur).

Des travaux de recherche, souvent dans le cadre de partenariats industriels, se sont orientés vers la conception et la réalisation de plateformes de E-maintenance. Ces plateformes intègrent différents éléments : les systèmes distribués de surveillance, les supports de communication, ... etc.

Il existe plusieurs plateformes comme, par exemple [📖 Sekkay, Touzene 10] :

➤ **Plateforme Proteus (Projet européen pour la E-maintenance)**

C'est une plateforme générique pour la E-maintenance, développée à l'aide des technologies d'Internet et permettant notamment la collaboration des acteurs, le couplage avec les outils classiques de gestion d'entreprise de type ERP (Enterprise Resource Planning), l'aide au diagnostic, l'accessibilité à diverses ressources (bases de données) [📖 Bangemann et al 06].

➤ **Plateforme TEMIC (TELé-Maintenance Industrielle Coopérative)**

C'est une plateforme de télémaintenance privilégiant la collaboration d'acteurs de maintenance via un réseau de téléphones portables [📖 Garcia et al 04].

➤ **Plateforme NEMOSYS (Naval E-Maintenance Oriented SYSTEM)**

C'est une plateforme développée à la DCN (Direction des Constructions Navales), elle assure la maintenance de systèmes embarqués sur les navires armés [📖 Bressy et al 05].

➤ **Plateforme TELMA (TELé-Maintenance)**

C'est une Plate-forme de télémaintenance développée par le CRAN (Centre de Recherche en Automatique de Nancy) pour l'enseignement et la recherche supportant les enseignements de la maintenance et illustrant les apports des TIC sur les processus et organisations de maintenance [📖 Levrat et al 06].

➤ **Plateforme DYNAMITE (Dynamic Decision in Maintenance) :**

Elle est centrée sur des composants communicants permettant à des acteurs en local, auprès des équipements, de maintenir, de communiquer et de collaborer avec des experts en atelier de maintenance [📖 Dynamite 05].

➤ **Plateforme TATEM (Technologies And Techniques for nEW Maintenance concepts)**

Elle vise à réduire les coûts de maintenance sur les avions face à l'augmentation de leur technicité [📖 Tatem 04].

➤ **Plateforme SMMART (System for Mobile Maintenance Accessible in Real Time)**

Il s'agit d'un 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].

5- Etablissement d'une plateforme de E-maintenance

L'objectif principal est de fournir une plate-forme distribuée et coopérative de E-maintenance industrielle associant un ensemble d'outils d'aide au diagnostic et à la réparation afin de fiabiliser les équipements.

Le CDTA (Centre de Développement des Technologies Avancées) à mis en place un prototype de plateforme d'E-maintenance basée sur une architecture Web distribuée. Elle permet d'apporter des solutions fiables pour réduire le coût et les délais d'intervention. Nous proposons, dans cette partie, une description globale des différents modules composants cette plateforme [📖 Bahlouli 10].

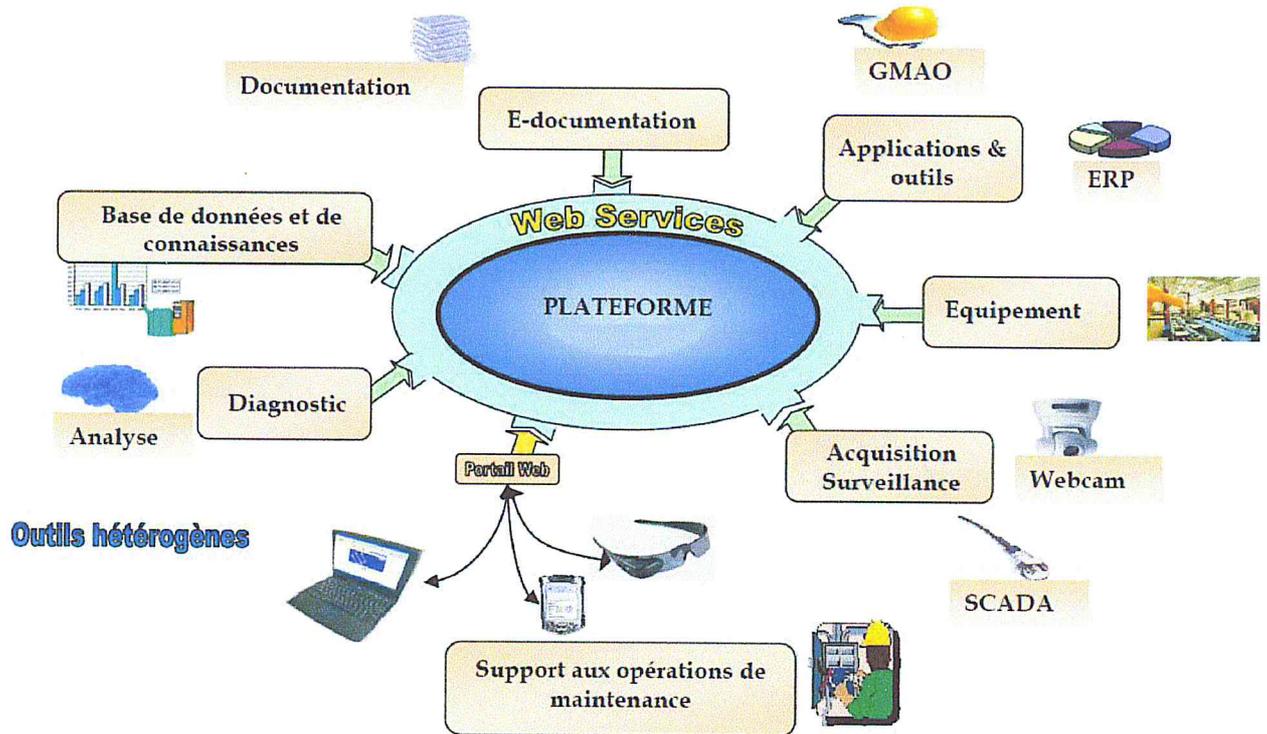


Figure 6 : Description de la plateforme proposée par le CDTA

➤ **Portail Web :**

Il s'agit d'une interface Web unifiée et intégrée, permettant un accès fédéré aux différentes fonctionnalités des modules de la plateforme.

➤ **Module Surveillance :**

Ce module propose une surveillance sur les équipements. Il détecte les pannes et il déclare des demandes d'interventions.

➤ **Module Diagnostic :**

Ce module permet à l'utilisateur d'identifier les causes de la panne et d'avoir des propositions de solutions potentielles.

➤ **Module Pronostic :**

Grâce à ce module l'utilisateur pourra consulter l'évolution future d'un équipement. Ceci permet notamment de programmer une demande d'intervention avant la défaillance.

➤ **Module Gestion des interventions :**

Ce module permet le management des différents processus métier de l'entreprise inhérents au secteur de la maintenance à travers la gestion des plannings et des ressources d'intervention terrain, la planification et l'affectation des tâches, etc.

➤ **Module e-Documentation :**

Il permet le stockage, l'indexation, la recherche et la publication des différents documents relatifs aux équipements à maintenir.

➤ **Module d'administration :**

Ce module permet de veiller sur le bon fonctionnement du système et peut prendre en charge aussi des actions relatives à la gestion de la plateforme (coté administratif), comme : gestion des profils (type d'utilisateur, nom, prénom, numéro de téléphone, email, ... etc.), attribuer les droits d'accès, ajout des nouvelles équipes et équipements, ... etc.

6- Objectif

Notre projet consiste à développer une application de gestion électronique de documents permettant à différents acteurs (techniciens, expert, ... etc.) d'utiliser des documents numériques lors de leur intervention. Ceci facilite considérablement l'activité de maintenance et diminue d'une façon significative les temps d'arrêt et le coût de réparation.

En plus, nous envisageons d'intégrer le paradigme de réalité augmentée/virtualité augmentée dans le cadre de la documentation numérique. Ainsi, nous établissons une table interactive pour la gestion des documents numériques.

La figure ci-dessous montre un schéma général de la table proposée :

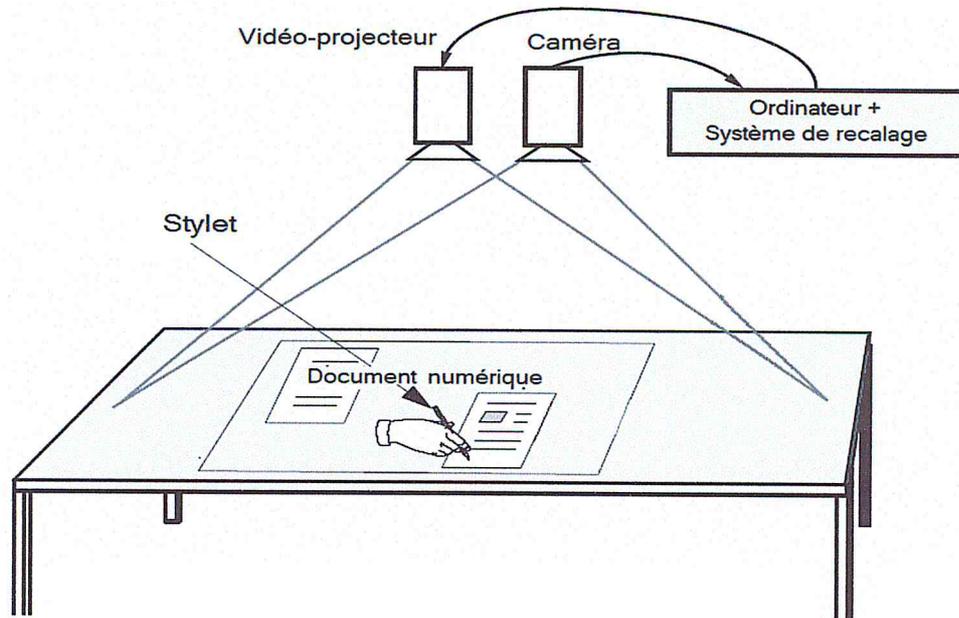


Figure 7 : Schéma de principe d'une table interactive pour la gestion de documents

7- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le principe de maintenance des systèmes industriels. En plus, une nouvelle stratégie de maintenance basée sur les nouvelles technologies de l'information et de la communication a été présentée. Il s'agit de la E-maintenance.

Nous nous sommes intéressés au système de documentation qui représente un module de la plateforme de E-maintenance proposée. Notre objectif est d'utiliser le paradigme de la réalité augmentée pour concevoir et réaliser un système interactif pour la gestion de documents numériques. Ceci fera l'objectif des prochains chapitres.

Chapitre 3

Conception d'un système interactif pour la gestion de documents numériques

1- Introduction

La première des choses, avant d'entamer la phase de conception est de fixer d'abord une approche à suivre.

Dans ce chapitre nous allons décrire les étapes suivies afin de concevoir notre système interactif, en utilisant l'*approche objet*.

Avec l'approche objet, les problèmes abordés peuvent être modélisés par une collection d'*objets* qui prennent une touche spécifique, et la résolution du problème est conduite par la manière dont interagissent les différents objets.

Au-delà de ces constatations, et plus, nous avons décidé d'entamer notre étape de conception en optant pour cette approche, et en utilisant *le langage de modélisation UML*, suivant *le processus unifiée 2 TUP*.

2- Le processus de développement logiciel 2TUP

Le choix de la démarche à adopter est très important afin de mieux faire face aux contraintes de développement des logiciels et réduire les risques d'échecs.

On a opté pour le processus 2TUP (Two Track Unified Process) afin de distinguer *l'étude fonctionnelle*, *l'étude technique* et *le cycle de réalisation du projet*, cela va nous permettre de décomposer le travail pour essayer de diminuer le fossé entre l'expression du besoin et la conception.

Ainsi, l'idée majeure du 2TUP est que toute évolution d'un système peut se décomposer et se traiter parallèlement, suivant un axe fonctionnel et un axe technique. (Voir l'annexe pour plus de détails sur le processus 2TUP et son déroulement).

3- Le langage de modélisation UML

On s'appuie sur UML (Unified Modeling Language) tout au long du cycle de développement de notre système interactif, car les différents diagrammes de ce dernier permettent de part leur facilité et clarté, de bien modéliser le système à chaque étape.

Ainsi, UML est caractérisé par la stabilité de la modélisation par rapport au monde réel, la réutilisation des objets, et la notion de prototypage. (Voir l'annexe pour plus de détails sur le langage de modélisation UML).

4- Conception de la Table Interactive pour l'Aide à la Maintenance (TIAM)

4.1- Etude préliminaire

L'étude préliminaire est la toute première étape du processus 2TUP. Elle consiste à effectuer un premier repérage des besoins fonctionnels et opérationnels, en utilisant principalement du texte, ou des diagrammes très simples. Elle prépare les activités plus formelles de capture des besoins fonctionnels et de capture techniques [📖 Roques 04].

4.1.1- Présentation du projet à réaliser

Notre projet est un élément d'un grand projet du Centre de Développement des Technologies Avancées (CDTA) qui s'intitule « *Plateforme Interactive Collaborative et Mobile : application à la maintenance industrielle* ».

Le but principal de ce projet est d'établir les éléments utiles à la conception et à la réalisation de systèmes interactifs mixtes sur support mobile en situation collaborative pour une application en maintenance industrielle.

Il est composé de deux volets :

- **Traitement d'images et réalité mixte :** Identifier les problèmes rencontrés lors de la réalisation d'un système de réalité mixte.
- **Plateforme de réalité mixte (pour la E-maintenance) :** Élaborer une structure matérielle et logicielle pour le développement du système mixte collaboratif et mobile.

Notre projet se situe dans le deuxième volet, il consiste à concevoir et réaliser une table interactive pour la manipulation des documents numériques, ses principaux objectifs sont :

- Offrir un accès simple et rapide à l'information et à la documentation sur les équipements (historique des pannes, scénarii d'intervention, ... etc.).
- Apporter une aide à l'intervention et à la réparation.

4.1.2- Grands choix techniques

- Les choix techniques logiciels adoptés pour notre projet sont :
 - La modélisation objet avec le langage UML.
 - Adoption d'une architecture à 3 couches (client / serveur d'application / serveur de base de données).
 - La programmation avec le langage C#.NET.
 - Utilisation du SGBD relationnel (SQL server) et du langage SQL.

Msg19	Document zoomé	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg20	Demande de déplacement d'un document	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg21	Document déplacé	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg22	Mot-clé pour la recherche du document	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg23	Message d'erreur: Documents n'existent pas	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg24	Demande d'ajout d'un document	Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg25	Interface d'ajout du document	TIAM	Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg26	Ajout du document	Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg27	Message d'information: Opération effectuée	TIAM	Chef d'équipe Administrateur

		Chef d'équipe	
Msg11	Liste de documents	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg12	Sélectionner un document	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg13	Afficher le document	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg 14	Demande de chargement d'un document	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg15	Interface de chargement	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg16	Charger un document	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg17	Document chargé	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg18	Demande de zoom d'un document	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM

		Chef d'équipe Administrateur	
Msg4	Accès à la session personnelle	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur
Msg5	Message d'erreur: Login ou mot de passe incorrect	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur
Msg6	Etablissement des préférences	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur	TIAM
Msg7	Session modifiée selon les préférences	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur
Msg8	Choisir une catégorie	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg9	Espace de travail	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg10	Demande de consultation d'un document	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié	TIAM

Chef d'équipe	<ul style="list-style-type: none"> • Rechercher un document • Charger un document • Zoomer un document • Déplacer un document • Ajouter un document • Mettre à jour un document • Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document • Mettre à jour les catégories
Administrateur	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrer le système • S'authentifier • Etablir les préférences • Gérer les profils des utilisateurs

Tableau 1 : Rôle des acteurs

4.1.4- Description du contexte

a- Identification des messages acteurs / système

On va détailler dans le tableau suivant les différents messages échangés entre les acteurs et le système:

Message	Description des messages	Expéditeur	Destinataire
Msg1	Demande de calibrage	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur	TIAM
Msg2	Système calibré	TIAM	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur
Msg3	Demande d'authentification	Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié	TIAM

<p>Utilisateur simple</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Choisir une catégorie • Consulter un document • Rechercher un document • Charger un document • Zoomer un document • Déplacer un document
<p>Technicien</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrer le système • S'authentifier • Etablir les préférences • Choisir une catégorie • Consulter un document • Rechercher un document • Charger un document • Zoomer un document • Déplacer un document • Ajouter un document
<p>Technicien qualifié</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrer le système • S'authentifier • Etablir les préférences • Choisir une catégorie • Consulter un document • Rechercher un document • Charger un document • Zoomer un document • Déplacer un document • Ajouter un document • Mettre à jour un document
	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrer le système • S'authentifier • Etablir les préférences • Choisir une catégorie de documents • Consulter un document

- Utilisation de l'EDI Visual Studio 2008.
- Les choix techniques matériels adoptés pour notre projet sont :
 - Un PC portable.
 - Une WEBCAM.
 - Une table en bois.
 - Un vidéo-projecteur.
 - Un trépied.
 - Des marqueurs.

4.1.3- Identification des acteurs

Les acteurs susceptibles d'interagir avec notre table interactive TIAM sont (Figure 8) :

- Utilisateur simple (US).
- Technicien qualifié (TQ).
- Technicien (T).
- Chef d'équipe (CE).
- Administrateur (AD).

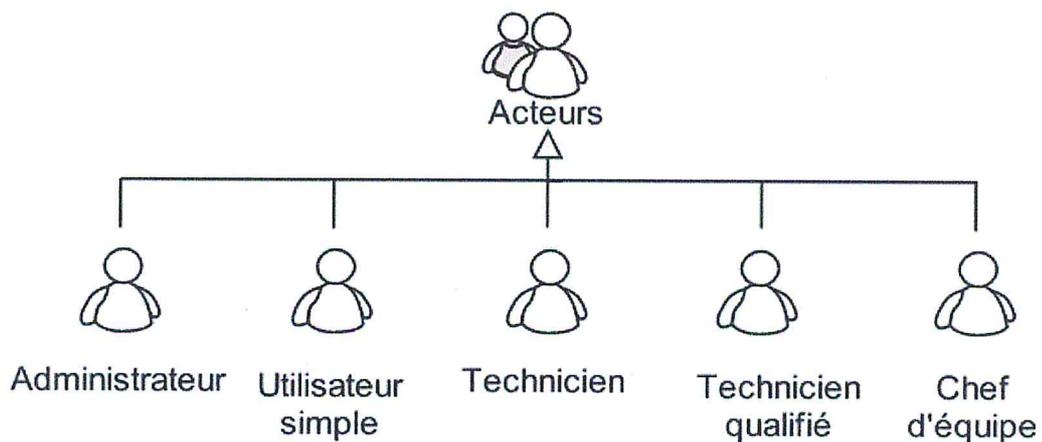


Figure 8 : Les acteurs de notre système

Le rôle de chaque acteur est spécifié dans le tableau suivant :

Acteur	Rôles
	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrer le système • S'authentifier • Etablir les préférences

Msg28	Message d'erreur : Opération refusée	TIAM	Chef d'équipe Administrateur
Msg29	Demande de mise à jour d'un document	Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg30	Interface de mise à jour du document	TIAM	Technicien qualifié Chef d'équipe
Msg31	Mise à jour du document	Technicien qualifié Chef d'équipe	TIAM
Msg32	Opération en attente de validation du chef d'équipe	TIAM	Technicien Technicien qualifié
Msg33	Demande de consultation des opérations de mise à jour des documents	Chef d'équipe	TIAM
Msg34	Liste des opérations	TIAM	Chef d'équipe
Msg 35	Autoriser l'opération	Chef d'équipe	TIAM
Msg 36	Refuser l'opération	Chef d'équipe	TIAM
Msg37	Envoi du message d'autorisation aux techniciens	TIAM	Technicien Technicien qualifié
Msg38	Envoi du message du refus aux techniciens	TIAM	Technicien Technicien qualifié
Msg 39	Demande de mise à jour des catégories	Chef d'équipe	TIAM
Msg 40	Interface de mise à jour des catégories	TIAM	Chef d'équipe
Msg 41	Mise à jour des catégories	Chef d'équipe	TIAM
Msg42	Demande de mise à jour d'un compte utilisateur	Administrateur	TIAM
Msg43	Interface de mise à jour d'un compte utilisateur	TIAM	Administrateur
Msg44	Mise à jour du compte utilisateur	Administrateur	TIAM

Tableau 2 : Messages acteurs / système

b- Diagramme du contexte

Tous les messages et les acteurs identifiés précédemment peuvent être représentés de façon synthétique sur un diagramme que l'on peut qualifier de *diagramme de contexte* (Figure 9):

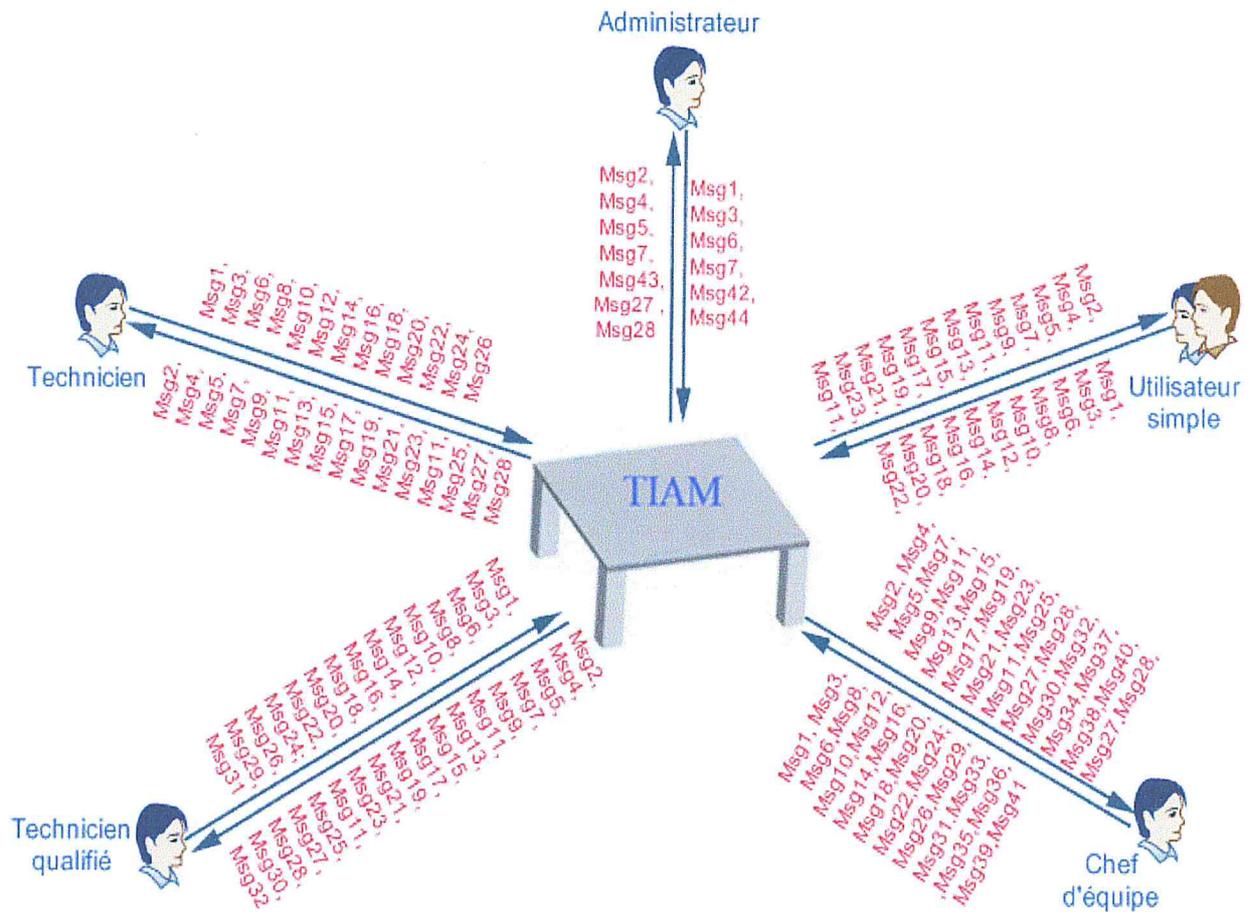


Figure 9 : Diagramme du contexte

4.2- Capture des besoins techniques

4.2.1- Architecture du système

Il s'agit de choisir un style d'architecture en niveaux adapté au système à réaliser en fonction d'un ensemble de contraintes qui peuvent être d'ordre géographique, organisationnelle et technique. Elles concernent les performances d'accès aux données, la sécurité du système, l'interopérabilité, et le mode d'utilisation du système.

Le type d'architecture retenue pour la réalisation de notre système interactif est l'**architecture 3-tiers**. Elle représente la solution la plus adaptée à notre système, car elle nous permet d'atteindre la qualité requise des caractéristiques de notre projet.

L'architecture 3-tiers est basée sur une architecture en *client / serveur* mais avec une configuration plus avancée. Dans cette architecture il existe un niveau intermédiaire, c'est-à-dire que l'on a généralement une architecture partagée entre :

- **Le client:** C'est un poste de travail qui demande les ressources, il accède au système via un navigateur (tel que *Internet Explorer* de Microsoft, *Netscape Navigator* de Netscape, ... etc.).
- **Le serveur d'application:** Il est chargé de fournir des ressources via le web mais aussi faisant appel à un autre serveur.
- **Le serveur de base de données:** Il permet d'héberger la base de données locale pour une entité fonctionnelle.

La configuration matérielle de notre système interactif est schématisée par le diagramme de déploiement représenté ci-dessous :

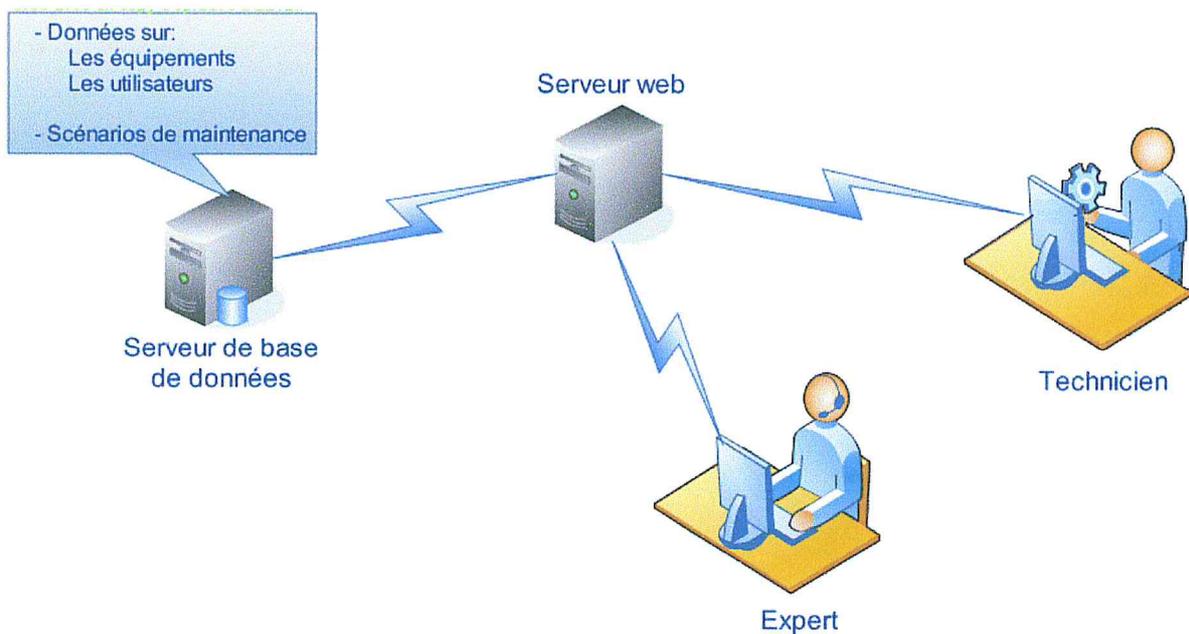


Figure 10 : Architecture globale du système

4.2.2- Identification des cas d'utilisations techniques

Le tableau suivant nous donne un aperçu des futures fonctionnalités techniques que doit implémenter le système :

NB : Nous avons ajouté une nouvelle colonne qu'on l'a nommée **Interaction**, elle contient les objets virtuels nécessaires à l'exécution des cas d'utilisations, ainsi que les différentes tâches appliquées sur ces objets virtuels.

Cas d'utilisation	Acteurs	Messages émetts / reçus	Interaction
Calibrer le système	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Demande de calibrage Reçoit : <ul style="list-style-type: none"> Système calibré 	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Point 2D Tâches : <ul style="list-style-type: none"> Suivre les étapes du calibrage
S'authentifier	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Demande d'authentification Reçoit : <ul style="list-style-type: none"> Accès à la session personnelle Ou <ul style="list-style-type: none"> Message d'erreur : Login ou mot de passe incorrect 	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Clavier virtuel Zone d'édition Boutons Tâches : <ul style="list-style-type: none"> Saisir le login et le mot de passe Sélectionner les boutons Clic bouton : évènement pour la vérification du login et mot de passe saisis
Etablir les préférences	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe Administrateur 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Etablissement des préférences. Reçoit : <ul style="list-style-type: none"> Session modifiée selon les préférences 	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Liste de polices Palette de couleurs Liste de langues Boutons Tâches : <ul style="list-style-type: none"> Choisir une police

			<ul style="list-style-type: none"> • Choisir une couleur • Choisir une langue • Sélectionner les boutons • Clic bouton : événement pour l'établissement des préférences
Gérer les profils des utilisateurs	<ul style="list-style-type: none"> • Administrateur 	<p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demande de mise à jour d'un compte utilisateur <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interface de mise à jour d'un compte utilisateur <p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise à jour d'un compte utilisateur <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Message d'information : Opération effectuée <p><i>Ou</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Message d'erreur : Opération refusée 	<p>Objets virtuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clavier virtuel • Zone d'édition • Boutons <p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remplir les zones d'éditations • Sélectionner les boutons • Clic bouton : événement pour l'ajout, la modification ou la suppression d'un compte utilisateur

Tableau 3 : Identification des cas d'utilisations techniques

4.2.3- Description détaillée des cas d'utilisations techniques :

a- Calibrer le système :

- Diagramme du cas d'utilisation : « Calibrer le système »

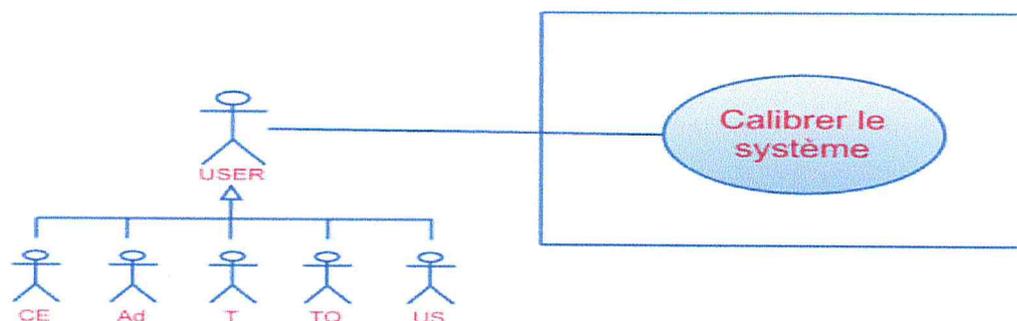


Figure 11 : Diagramme du cas d'utilisation : « Calibrer le système »

Sommaire d'identification :

Titre : Calibrer le système.

But : Pour rectifier les coordonnées physiques du stylet lorsqu'elles sont référencées par rapport à des données déformées.

Résumé : L'utilisateur suit les étapes du calibrage indiquées par le système, afin de calculer les coordonnées du stylet par rapport au projecteur.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe, administrateur.

Description des enchainements :

Pré-conditions : Aucune (chaque utilisateur doit calibrer le système avant de s'authentifier).

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande le calibrage du système, en cliquant sur le marqueur « OK » :

- L'utilisateur positionne le stylet sur chacun des points rouges qui s'affichent sur les quatre coins de la table, pour prendre ses coordonnées par rapport à la caméra.
- Par la suite, le système calcule les coordonnées du stylet par rapport au projecteur.

Enchainement alternatif :

- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.
- L'utilisateur peut recalibrer le système s'il a constaté qu'il a été mal fait.

Exceptions : Mauvaise détection des marqueurs.

Post-conditions : S'authentifier pour accéder à l'espace personnel.

b- S'authentifier :

Diagramme du cas d'utilisation : « S'authentifier »

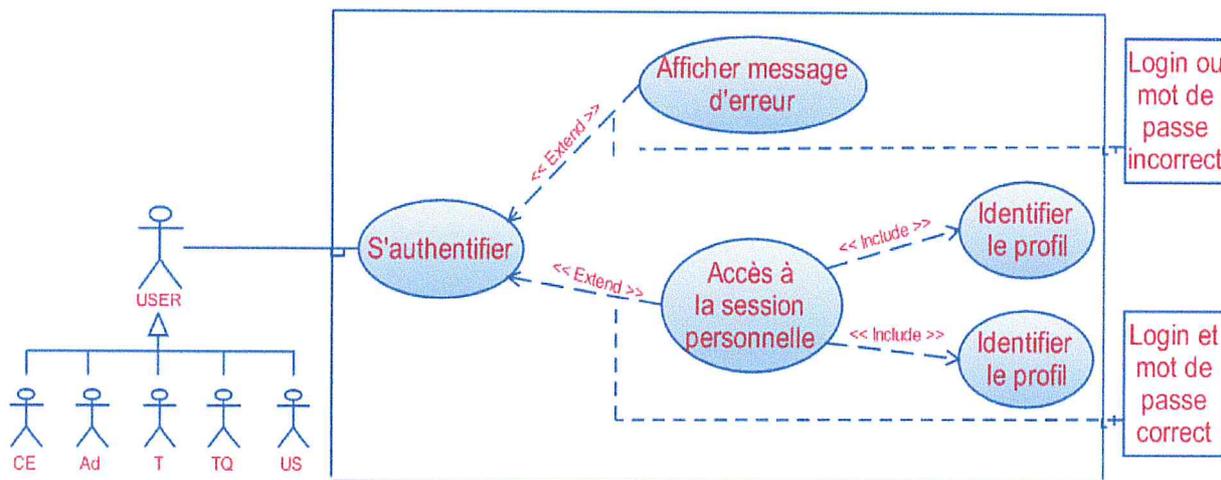


Figure 12 : Diagramme du cas d'utilisation : « S'authentifier »

Sommaire d'identification :

Titre : S'authentifier.

But : Pour accéder à la session personnelle de l'utilisateur.

Résumé : L'utilisateur doit saisir son login et mot de passe afin de s'authentifier.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe, administrateur.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit être inscrit.
- L'utilisateur doit calibrer le système avant de s'authentifier

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de s'authentifier :

- L'utilisateur saisie son login et son mot de passe.

- Le système vérifie les informations saisies, si elles sont correctes, il charge les privilèges de l'utilisateur.

Enchaînement alternatif :

- Le système va déclencher une erreur si :
 - L'utilisateur saisit un login ou mot de passe faux.
 - Le champ du login est vide.
 - Le champ du mot de passe est vide.
- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.

Post-conditions :

- Accéder à la session personnelle de l'utilisateur.
- Identifier le profil.
- Afficher l'interface.

c- Etablir les préférences :

Diagramme du cas d'utilisation : « Etablir les préférences »

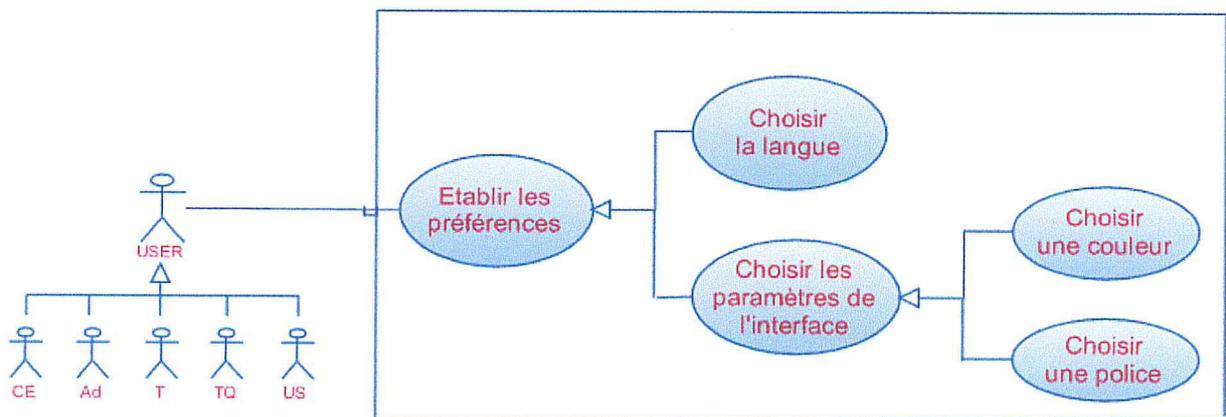


Figure 13 : Diagramme du cas d'utilisation : « Etablir les préférences »

• **Sommaire d'identification :**

Titre : Etablir les préférences.

But : Pour rendre l'interface de l'utilisateur conviviale et ergonomique.

Sommaire d'identification :

Titre : Gérer les profils des utilisateurs.

But : Pour ajouter, supprimer ou modifier un compte utilisateur.

Résumé : La gestion des profils des utilisateurs permet d'ajouter de nouveaux utilisateurs au système, de supprimer d'autres, ou bien de mettre à jour leurs profils.

Acteurs : Administrateur.

Description des enchaînements :

Pré-conditions :

- L'administrateur doit calibrer le système.
- L'administrateur doit s'être authentifié.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'administrateur demande au système de :

- *Ajouter un nouveau compte utilisateur* : dans ce cas l'administrateur doit :
 - Saisir les données personnelles de l'utilisateur (Nom, Prénom, Fonction, Login, Mot de passe).
 - Valider l'inscription.
- *Supprimer un compte utilisateur* : dans ce cas l'administrateur doit :
 - Saisir le login de l'utilisateur.
 - Valider la suppression.
- *Modifier un compte utilisateur* : dans ce cas l'administrateur :
 - Saisit le login de l'utilisateur pour charger ses données personnelles.
 - Met à jour ses données.
 - Valide la modification.

Enchaînement alternatifs :

- Le système déclenche une erreur, si l'administrateur inscrit un utilisateur avec un login qui existe déjà.
- Le système déclenche une erreur, si l'administrateur désire supprimer un compte utilisateur qui n'existe pas dans le système.

Résumé : L'utilisateur peut changer les paramètres de son interface (police, couleur), ainsi que la langue.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe, administrateur.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système d'établir ses préférences:

- L'utilisateur peut choisir la langue avec laquelle il veut travailler.
- L'utilisateur peut choisir la police avec laquelle il veut travailler.
- L'utilisateur peut choisir la couleur avec laquelle il désire afficher son interface.

Enchainement alternatif :

- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.

Post-conditions :

- Session modifiée selon les préférences de l'utilisateur.

d- Gérer les profils des utilisateurs:

Diagramme de cas d'utilisation : « Gérer les profils des utilisateurs »

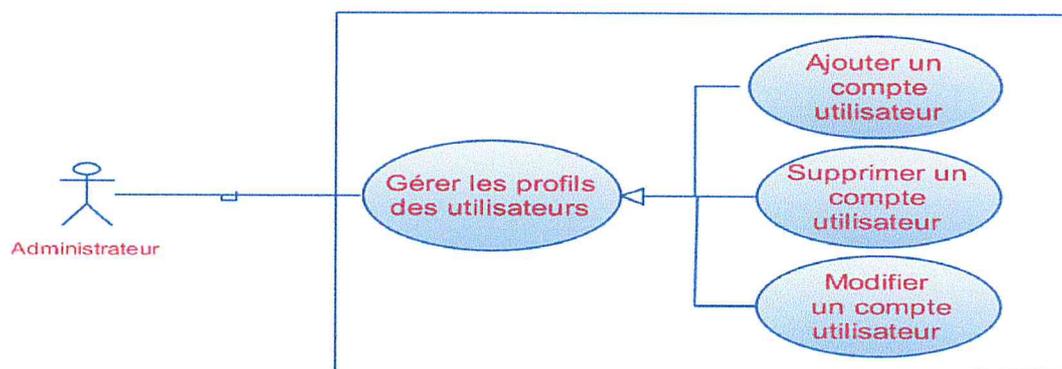


Figure 14 : Diagramme du cas d'utilisation : « Gérer les profils des utilisateurs »

- Le système déclenche une erreur, si l'administrateur désire modifier un compte utilisateur qui n'existe pas dans le système.
- Le système déclenche une erreur, si l'administrateur change le login d'un utilisateur avec un autre qui existe déjà.
- L'administrateur peut annuler à tout moment ces opérations.

Exception :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.

Post-conditions :

- Compte utilisateur ajouté avec succès.
- Ou bien :
- Compte utilisateur modifié avec succès.
- Ou bien :
- Compte utilisateur supprimé avec succès.

4.2.4- Diagramme global des cas d'utilisations techniques

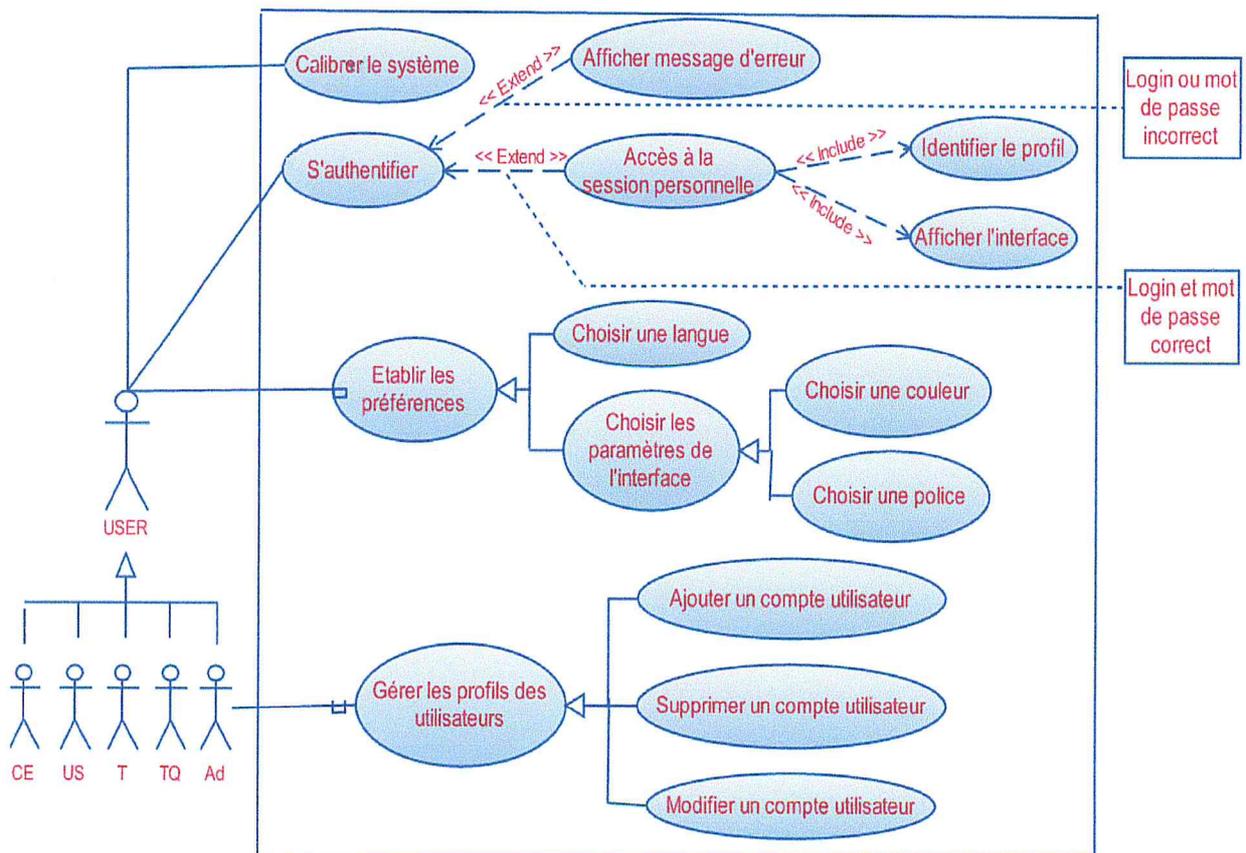


Figure 15 : Diagramme global des cas d'utilisations techniques

4.2.5- Identification des classes candidates techniques :

Les diagrammes de classes participantes suivantes montrent les classes utilisées dans l'application (colorées en marron) et celles stockées dans notre future base de données (colorées en bleu).

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Calibrer le système »

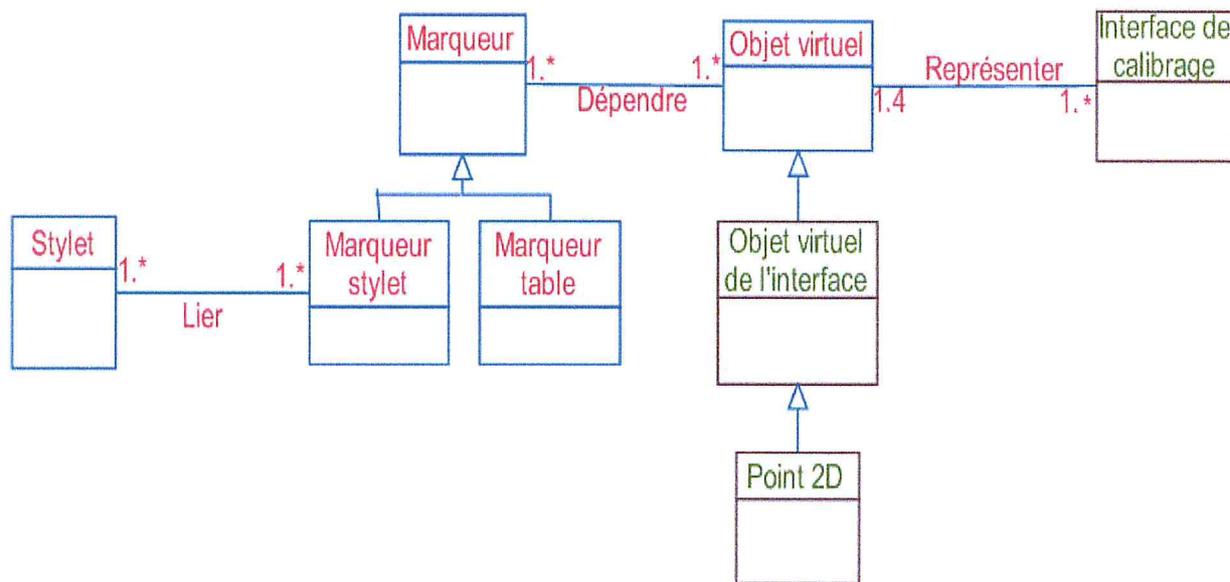


Figure 16 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Calibrer le système »

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « S'authentifier »
 Il ne s'agit pas d'association entre la classe « *Interface d'authentification* » et la classe « *Utilisateur* », c'est pour dire que le login et le mot de passe saisis au niveau de l'*Interface d'authentification* seront vérifiés au niveau de la classe *Utilisateur*.

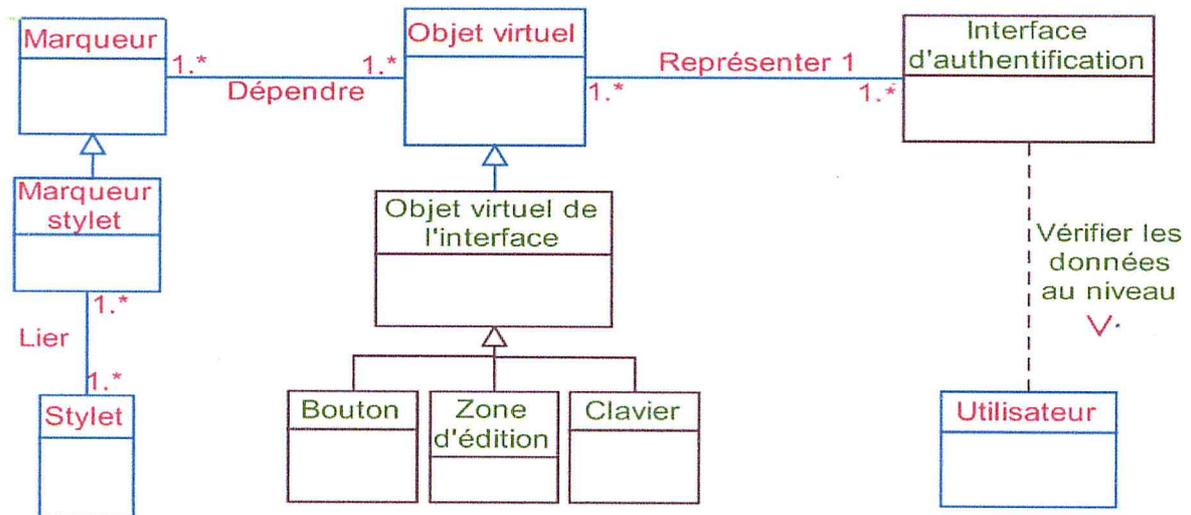


Figure 17: Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «S'authentifier»

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Etablir les préférences »

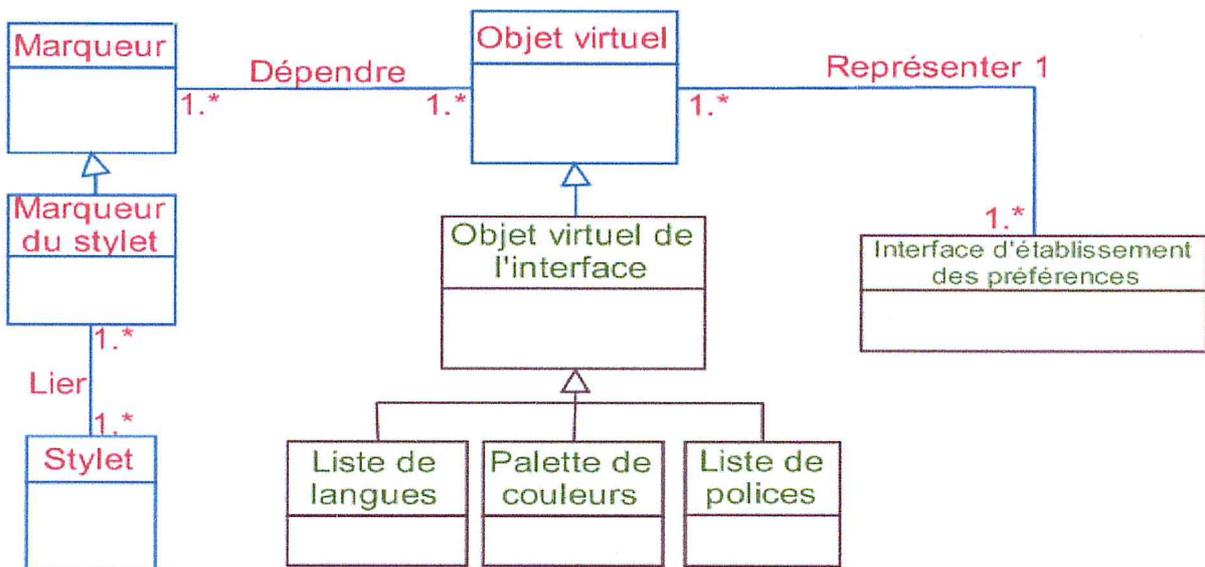


Figure 18 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Etablir les préférences»

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Gérer les profils des utilisateurs »

Il ne s'agit pas d'association entre la classe « *Interface de gestion de profil* » et la classe « *Utilisateur* », c'est pour dire que les données des utilisateurs saisies au niveau de l'*Interface de gestion de profil* seront vérifiées au niveau de la classe *Utilisateur*.

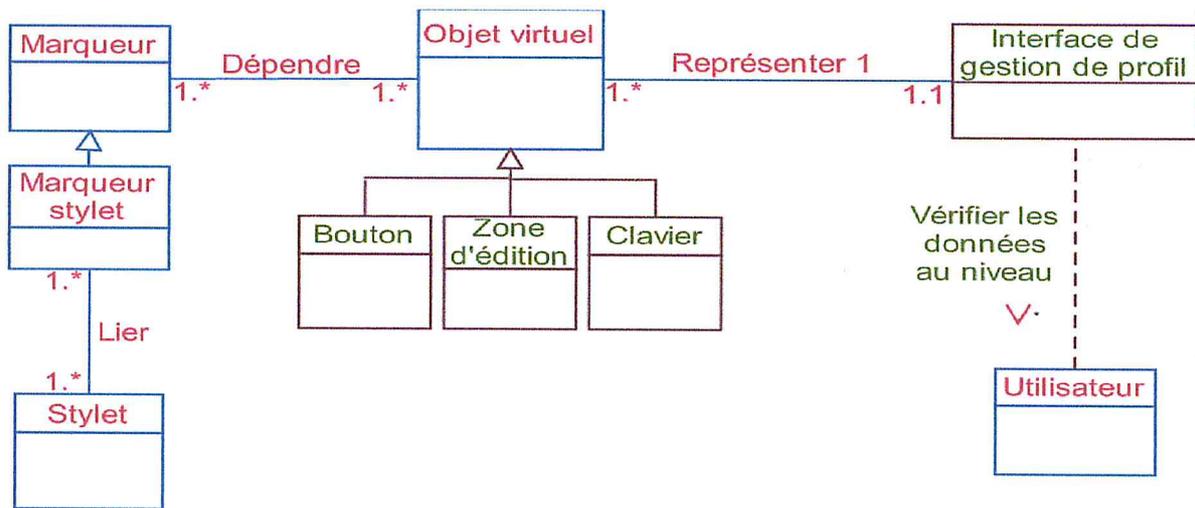


Figure 19 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Gérer les profils des utilisateurs »

4.3- Capture des besoins fonctionnels :

4.3.1- Identification des cas d'utilisations fonctionnels

Nous allons donner dans ce qui suit la version finale des cas d'utilisation fonctionnels obtenue après plusieurs itérations :

Cas d'utilisation	Acteurs	Messages émetts / reçus	Interaction
Choisir une catégorie	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Choisir une catégorie Reçoit : <ul style="list-style-type: none"> Espace de travail 	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Boutons Tâches : <ul style="list-style-type: none"> Sélectionner les boutons Clic bouton : évènement pour valider le choix d'une catégorie
	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur simple Technicien Technicien 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Demande de consultation d'un document 	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Liste de documents Texte 2D Image 2D

<p>Consulter un document</p>	<p>qualifié</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chef d'équipe 	<p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liste de documents <p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner un document <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afficher le document 	<ul style="list-style-type: none"> • Vidéo 2D • Boutons <p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner un document • Sélectionner les boutons • Clic bouton : évènement pour valider le choix d'un document et l'afficher
<p>Charger un document</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisateur simple • Technicien • Technicien qualifié • Chef d'équipe 	<p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demande de chargement d'un document <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interface de chargement <p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Charger un document <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Document chargé 	<p>Objets virtuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Boutons <p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner les boutons • Clic bouton : évènement pour le chargement d'un document.
<p>Zoomer un document</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisateur simple • Technicien • Technicien qualifié • Chef d'équipe 	<p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demande de zoom d'un document <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Document zoomé 	<p>Objets virtuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Texte 2D • Image 2D • Boutons <p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner les boutons • Clic bouton : évènement pour le

		<p><i>Ou</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Envoi du message du refus aux techniciens 	
<p>Mettre à jour les catégories</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Chef d'équipe 	<p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demande de mise à jour des catégories <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interface de mise à jour des catégories <p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise à jour des catégories <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Message d'information : Opération effectuée <p><i>Ou</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Message d'erreur : Opération refusée 	<p>Objets virtuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clavier virtuel • Zone d'édition • Boutons <p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remplir les zones d'édition • Sélectionner les boutons • Clic bouton : événement pour l'ajout ou la suppression d'une catégorie

Tableau 4 : Identification des cas d'utilisation fonctionnels

4.3.2- Description détaillée des cas d'utilisation fonctionnels

a- Choisir une catégorie :

Diagramme du cas d'utilisation : « Choisir une catégorie »

		<ul style="list-style-type: none"> Opération en attente de validation du chef d'équipe 	
Mettre à jour un document	<ul style="list-style-type: none"> Technicien qualifié Chef d'équipe 	<p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> Demande de mise à jour d'un document <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> Interface de mise à jour du document <p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> Mise à jour du document <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> Opération en attente de validation du chef d'équipe 	<p>Objets virtuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> Clavier virtuel Palette de couleurs Boutons <p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sélectionner les boutons Clic bouton : évènement pour la modification ou la suppression du document
Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document	<ul style="list-style-type: none"> Chef d'équipe 	<p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> Demande de consultation des opérations de mise à jour des documents <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> Opérations <p>Emet :</p> <ul style="list-style-type: none"> Autoriser l'opération <p><i>Ou</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Refuser l'opération <p>Reçoit :</p> <ul style="list-style-type: none"> Envoi du message d'autorisation aux techniciens 	<p>Objets virtuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> Boutons <p>Tâches :</p> <ul style="list-style-type: none"> Sélectionner les boutons Clic bouton : évènement pour la consultation de l'opération Clic bouton : évènement pour l'envoi d'une réponse

			zoom du document.
Déplacer un document	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Demande de déplacement d'un document Reçoit : <ul style="list-style-type: none"> Document déplacé 	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Texte 2D Image 2D Boutons Tâches : <ul style="list-style-type: none"> Sélectionner les boutons Clic bouton : évènement pour le déplacement du document.
Rechercher un document	<ul style="list-style-type: none"> Utilisateur simple Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Mot-clé pour la recherche du document Reçoit : <ul style="list-style-type: none"> Liste de documents <i>Ou</i> <ul style="list-style-type: none"> Message d'erreur : Documents n'existent pas 	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Clavier virtuel Zone d'édition Boutons Tâche : <ul style="list-style-type: none"> Saisir des mots-clé Sélectionner les boutons Clic bouton : évènement pour la recherche du document.
Ajouter un document	<ul style="list-style-type: none"> Technicien Technicien qualifié Chef d'équipe 	Emet : <ul style="list-style-type: none"> Demande d'ajout d'un document Reçoit : <ul style="list-style-type: none"> Interface d'ajout du document Emet : <ul style="list-style-type: none"> Ajout du document Reçoit :	Objets virtuels : <ul style="list-style-type: none"> Boutons Tâches : <ul style="list-style-type: none"> Sélectionner les boutons Clic bouton : évènement pour l'ajout du document

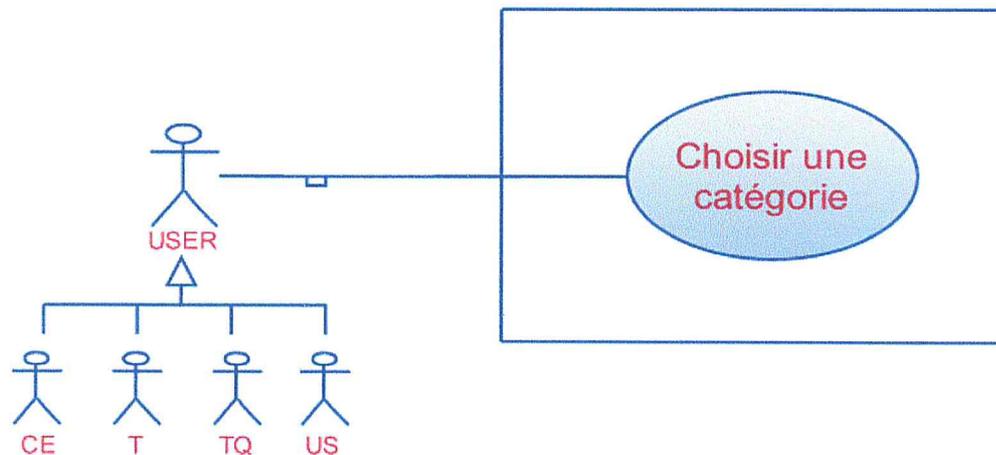


Figure 20 : Diagramme de cas d'utilisation « Choisir une catégorie »

Sommaire d'identification :

Titre : Choisir une catégorie.

But : Restreindre la liste des documents à une catégorie particulière, celle qui intéresse l'utilisateur.

Résumé : L'utilisateur sélectionne la catégorie qui l'intéresse, le système écarte de son contexte tous les documents n'appartenant pas à celle-ci. Ce qui facilite la tâche pour rechercher, consulter ou manipuler les documents en question

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de choisir une catégorie de documents :

- L'utilisateur peut sélectionner la catégorie de documents qui l'intéresse dans la liste qui s'affiche.

Enchainement alternatif :

- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.

Post-conditions :

- Accéder aux documents de la catégorie.

b- Consulter un document :

Diagramme du cas d'utilisation : « Consulter un document »

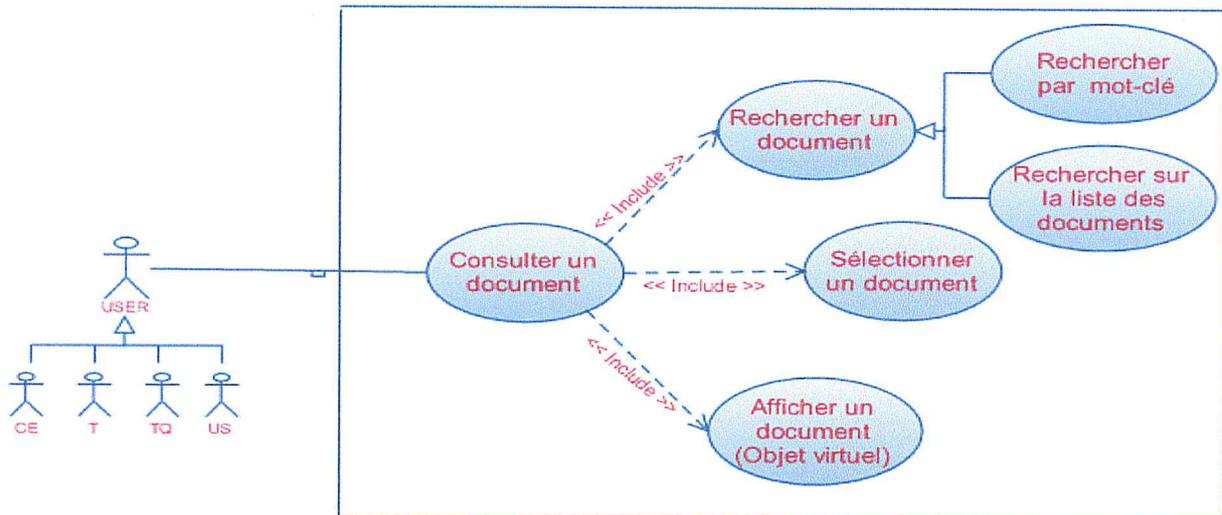


Figure 21 : Diagramme de cas d'utilisation « Consulter un document »

Sommaire d'identification :

Titre : Consulter un document.

But : Pour afficher un document afin de le lire, le manipuler (zoomer, déplacer...), le modifier ou le supprimer, selon les besoins de l'utilisateur et ses privilèges.

Résumé : L'utilisateur peut choisir un document et l'afficher, en ce moment un ensemble de fonctionnalités (organisées sous forme de menu) apparaissent, ces dernières vont permettre à l'utilisateur d'interagir avec le document.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.

Résumé : L'utilisateur peut charger un document de l'extérieur du système et le lire, si l'utilisateur le trouve intéressant, il peut l'ajouter à l'ensemble des documents de la catégorie.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.
- L'utilisateur doit choisir une catégorie de documents.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de charger un document:

- Le système donne à l'utilisateur l'accès vers l'extérieur, afin qu'il choisit un fichier pour le charger dans un document existant ou dans un nouveau document.
- Le fichier est chargé dans le système.

Enchainement alternatif :

- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès aux fichiers.

Post-conditions :

- L'utilisateur peut lire le fichier chargé.
- L'utilisateur peut ajouter le fichier chargé au système.

d- Zoomer un document :

- **Diagramme du cas d'utilisation : « Zoomer un document »**

- L'utilisateur doit choisir une catégorie de documents.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de consulter un document:

- L'utilisateur peut sélectionner le document qui l'intéresse dans la liste, et l'afficher.

Enchaînement alternatif :

- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.
- Erreur d'accès aux fichiers.

Post-conditions :

- Afficher le document et le menu avec lequel l'utilisateur peut interagir.

c- **Charger un document :**

Diagramme du cas d'utilisation : « Charger un document »

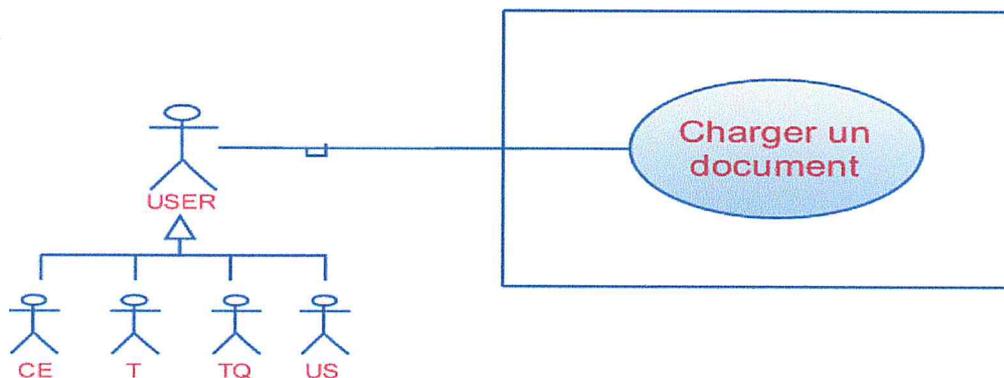


Figure 22 : Diagramme de cas d'utilisation «Charger un document »

Sommaire d'identification :

Titre : Charger un document.

But : Pour charger un document de l'extérieur du système.

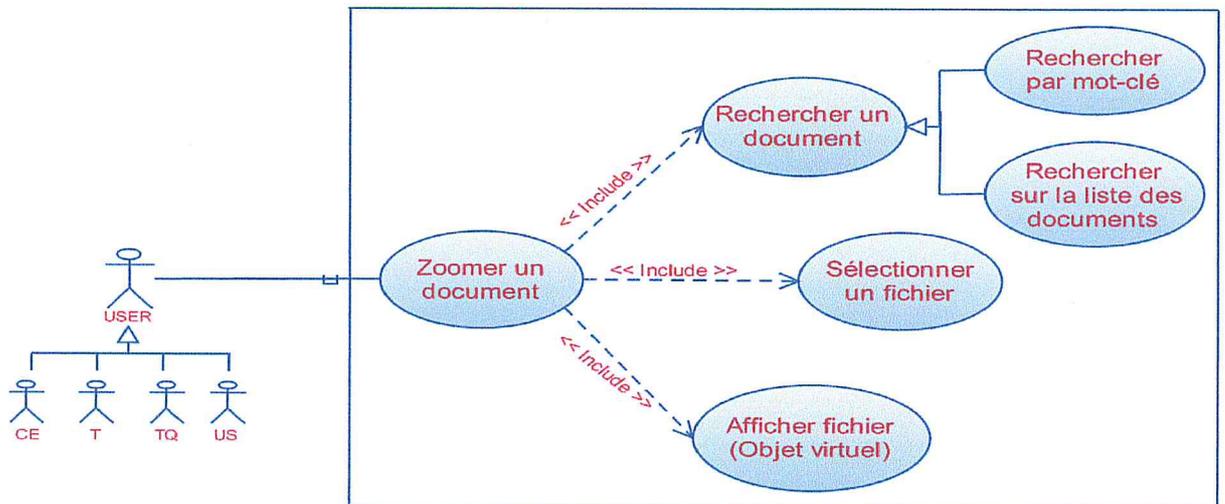


Figure 23 : Diagramme de cas d'utilisation «Zoomer un document »

Sommaire d'identification :

Titre : Zoomer un document.

But : Pour agrandir la taille d'un document ou la réduire selon les besoins de l'utilisateur.

Résumé : L'utilisateur peut utiliser le stylet pour zoomer un document ou le dé-zoomer.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.
- L'utilisateur doit choisir une catégorie de documents.
- Le document doit être affiché.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de zoomer un document:

- L'utilisateur choisit l'option du zoom dans le menu.
- Par la suite, il met le stylet sur le coin inférieur de la droite de fichier
- Si l'utilisateur veut zoomer le document, il fait bouger le stylet vers le bas.
- S'il veut le dé-zoomer, il fait bouger le stylet vers le haut.

Enchainement alternatif :

➤ L'utilisateur peut arrêter à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.
- Erreur d'accès aux fichiers.

Post-conditions : Un document zoomé ou dé-zoomé selon les besoins de l'utilisateur.

e- Déplacer un document :

• **Diagramme du cas d'utilisation : « Déplacer un document »**

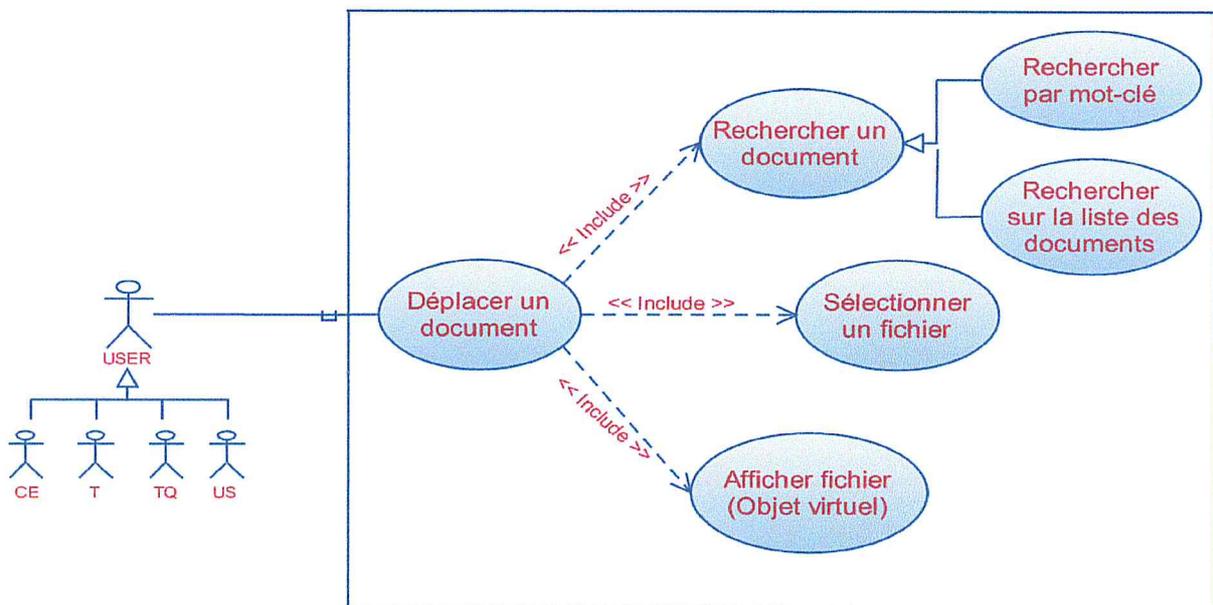


Figure 24 : Diagramme de cas d'utilisation «Déplacer un document»

Sommaire d'identification :

Titre : Déplacer un document.

But : Pour déplacer un document sur la table afin de satisfaire un besoin de l'utilisateur.

Résumé : L'utilisateur peut utiliser le stylet pour déplacer un document en changeant sa position sur la table.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.
- L'utilisateur doit choisir une catégorie de documents.
- Le document doit être affiché.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de déplacer un document:

- L'utilisateur choisit l'option du déplacement dans le menu.
- Par la suite, il met le stylet sur le coin supérieur de la gauche de fichier.
- Le fichier suit par la suite la position du stylet sur la table.

Enchainement alternatif :

- L'utilisateur peut arrêter à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.
- Erreur d'accès aux fichiers.

Post-conditions : Un document déplacé à la position choisie par l'utilisateur.

f- **Rechercher un document :**

Diagramme du cas d'utilisation : « Rechercher un document »

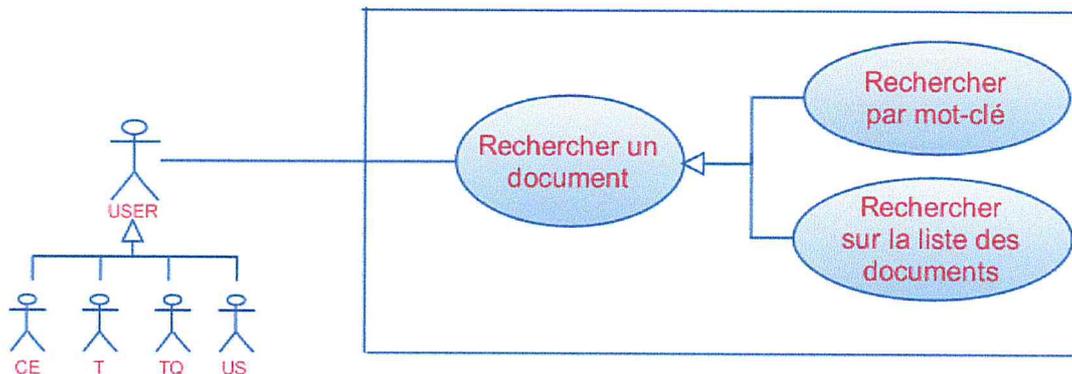


Figure 25 : Diagramme de cas d'utilisation «Rechercher un document »

Sommaire d'identification :

Titre : Rechercher un document.

But : Pour éviter de parcourir toute la liste des documents, afin de choisir un et le consulter.

Résumé : L'utilisateur peut rechercher un document en tapant des mots-clé, le système affichera par la suite la liste des documents correspondants aux mots-clé saisis par l'utilisateur s'ils existent.

Acteurs : Utilisateur simple, technicien, technicien qualifié, chef d'équipe.

Description des enchainements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.
- L'utilisateur doit choisir une catégorie de documents.
- L'utilisateur doit saisir des mots-clés.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de rechercher un document:

- L'utilisateur doit saisir des mots-clés spécifiques au document qu'il recherche.
- Si le système trouve des documents correspondants aux mots-clé saisis par l'utilisateur, il les affiche.
- L'utilisateur peut consulter la liste seulement comme il peut choisir un document pour l'afficher.

Enchaînement alternatif :

- le système va déclencher une erreur s'il ne trouve aucun document correspondant aux mots-clé saisis par l'utilisateur.
- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.

Post-conditions :

- Afficher la liste des documents correspondants aux mots-clé saisis par l'utilisateur s'ils existent.

g- Ajouter un document :

Diagramme du cas d'utilisation : « Ajouter un document »

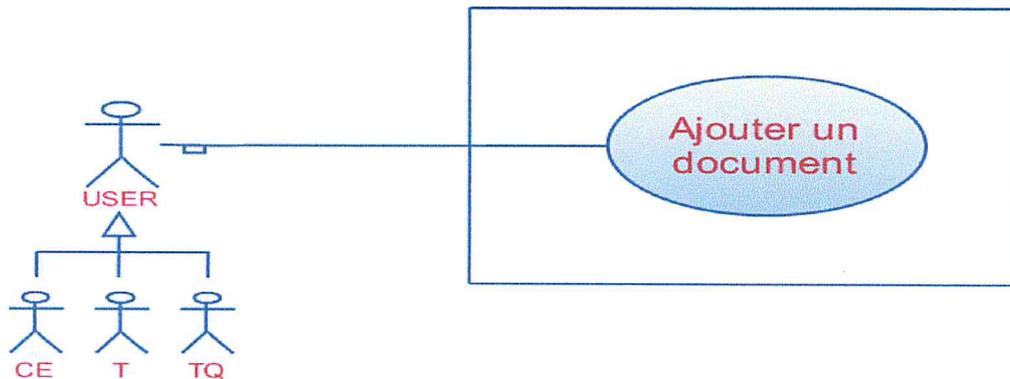


Figure 26 : Diagramme de cas d'utilisation «Ajouter un document»

Sommaire d'identification :

Titre : Ajouter un document.

But : Pour ajouter un fichier dans un nouveau document ou dans un document existant dans le système.

Résumé : Lorsque l'utilisateur charge un fichier dans le système, et le trouve intéressant, il peut l'ajouter dans un nouveau document ou dans un document existant

Acteurs : Chef d'équipe, technicien, technicien qualifié.

Description des enchaînements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.
- L'utilisateur doit choisir une catégorie de documents.
- L'utilisateur doit charger le fichier qui veut l'ajouter dans le système.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système d'ajouter un nouveau fichier :

- *Ajouter un fichier dans un nouveau document :* L'utilisateur saisit le nom du document où il veut ajouter le fichier chargé, et il valide l'ajout.

- *Ajouter un fichier dans un document existant* : L'utilisateur sélectionne le document ou il veut ajouter le fichier chargé, et il valide l'ajout
- En ce moment un message est envoyé au chef d'équipe pour lui informer de l'opération qui a été effectuée et demander son avis.

Enchaînement alternatif :

- Le système déclenche une erreur si l'utilisateur ajoute un document ou un fichier avec un nom qui existe déjà.
- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.

Post-conditions : Au cas de validation :

- Document ajouté à l'ensemble des documents de la catégorie.
- Fichier ajouté à l'ensemble des fichiers du document.

h- Mettre à jour un document :

- **Diagramme du cas d'utilisation : « Mettre à jour un documents »**

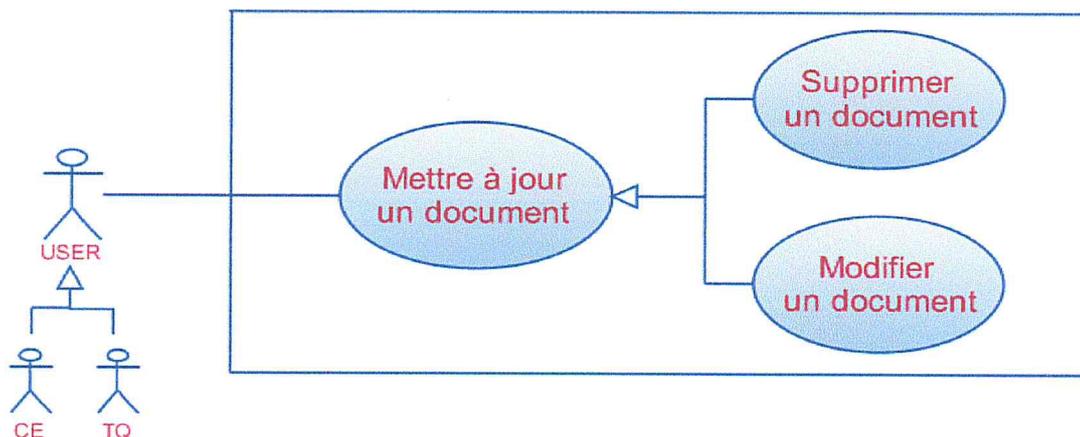


Figure 27 : Diagramme de cas d'utilisation « Mettre à jour un document »

Sommaire d'identification :

Titre : Mettre à jour un document.

But : Pour supprimer ou modifier un fichier ou un document.

Résumé : La mise à jour des documents permet de supprimer des documents ou des fichiers. Ou bien de modifier des fichiers.

Acteurs : technicien qualifié, chef d'équipe.

Description des enchaînements :

Pré-conditions :

- L'utilisateur doit calibrer le système.
- L'utilisateur doit s'authentifier.
- L'utilisateur doit choisir une catégorie de documents.
- Le document doit être affiché.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque l'utilisateur demande au système de :

- *Supprimer un document ou un fichier :* dans ce cas un message est envoyé au chef d'équipe pour lui informer de l'opération qui a été effectuée et demander son avis.
- *Modifier un fichier :* dans ce cas l'utilisateur :
 - Met à jour le fichier.
 - Un message est envoyé au chef d'équipe pour lui informer de la modification qui a été effectuée et demander son avis.

Enchaînements alternatifs :

- L'utilisateur peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.
- Erreur d'accès aux fichiers.

Post-conditions :

- Fichier modifié avec succès.
- Ou bien :
- Document supprimé avec succès.

- Fichier supprimé avec succès.

i- Autoriser la mise à jour et l'ajout des documents:

Diagramme du cas d'utilisation : « Autoriser la mise à jour et l'ajout des documents »

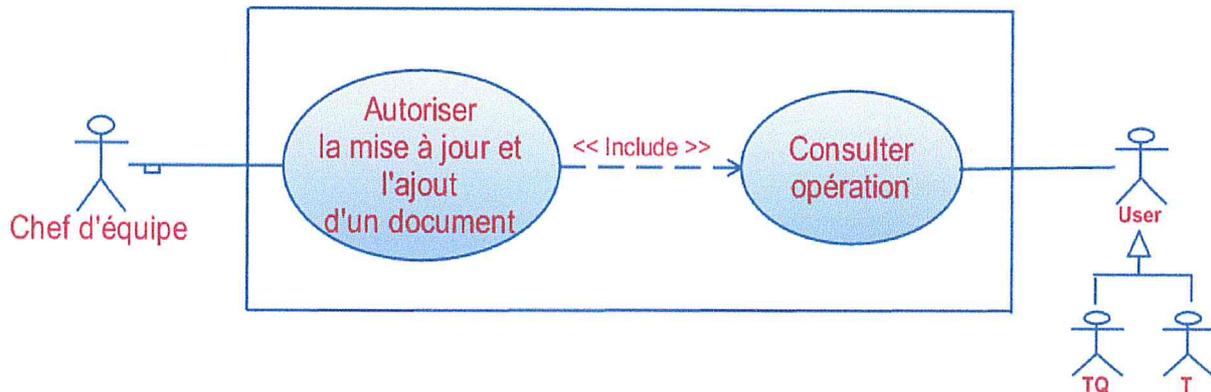


Figure 28 : Diagramme de cas d'utilisation «Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document»

Sommaire d'identification :

Titre : Autoriser la mise à jour et l'ajout des documents.

But : Pour valider ou refuser les mises à jour et les ajouts des documents ou des fichiers faites par le technicien ou le technicien qualifié.

Résumé : Le chef d'équipe donne son accord ou son refus sur les mises à jour et les ajouts des documents faites par le technicien ou le technicien qualifié en lui envoyant un message.

Acteurs : Chef d'équipe.

Description des enchaînements :

Pré-conditions :

- Le chef d'équipe doit calibrer le système.
- Le chef d'équipe doit s'authentifier.

- Un message du technicien ou de technicien qualifié est envoyé au chef d'équipe.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque le chef d'équipe consulte une opération :

- Il vérifie la mise à jour et l'ajout effectuée par le technicien ou le technicien qualifié.
- Il envoie une réponse au technicien ou au technicien qualifié en lui donnant son accord ou son refus sur la mise à jour ou l'ajout effectuée.

Enchaînement alternatif :

- Le chef d'équipe peut annuler à tout moment cette opération.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.
- Erreur d'accès aux fichiers.

Post-conditions : Au cas de validation :

- Le fichier modifié est enregistré dans le système.
Ou bien :
- Le document supprimé est enlevé de l'ensemble des documents de la catégorie.
Ou bien :
- Le fichier supprimé est enlevé de l'ensemble des fichiers du document.
Ou bien :
- Le document ajouté est ajouté dans l'ensemble des documents de la catégorie.
Ou bien :
- Le fichier ajouté est ajouté dans l'ensemble des fichiers du document.

j- Mettre à jour les catégories de documents :

- **Diagramme du cas d'utilisation : « Mettre à jour une catégorie de documents »**

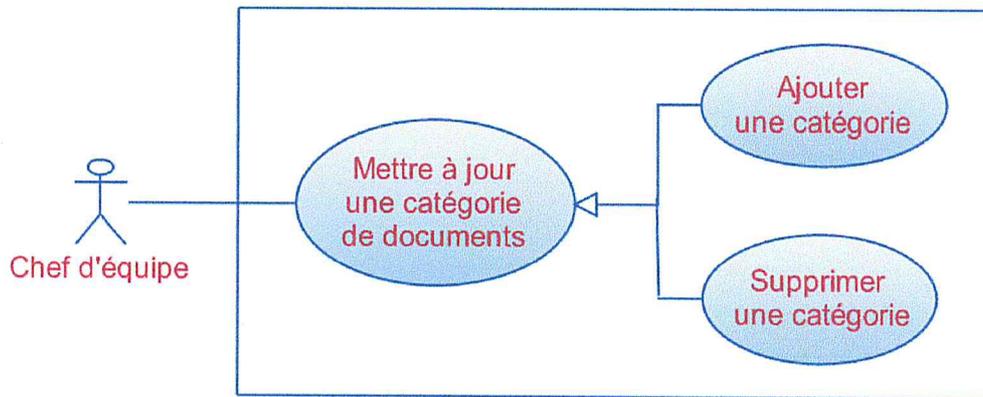


Figure 29 : Diagramme de cas d'utilisation «Mettre à jour une catégorie de documents »

Sommaire d'identification :

Titre : Mettre à jour les catégories de documents.

But : Pour ajouter ou supprimer une catégorie de documents.

Résumé : La mise à jour des catégories de documents permet d'ajouter de nouvelles catégories, ou bien supprimer d'autres.

Acteurs : Chef d'équipe.

Description des enchaînements :

Pré-conditions :

- Le chef d'équipe doit calibrer le système.
- Le chef d'équipe doit s'authentifier.

Scénario nominal : Ce cas d'utilisation commence lorsque le chef d'équipe demande au système de :

- *Ajouter une nouvelle catégorie de documents* : dans ce cas le chef d'équipe doit :
 - Saisir le nom de la catégorie.
 - Valider l'ajout.
- *Supprimer une catégorie de documents* : dans ce cas le chef d'équipe doit :
 - Saisir le nom de la catégorie.
 - Valider la suppression.

Enchaînement alternatif :

- Le système déclenche une erreur, si chef d'équipe ajoute une catégorie avec un nom qui existe déjà.
- Le système déclenche une erreur, si chef d'équipe désire supprimer une catégorie qui n'existe pas dans le système.
- Le chef d'équipe peut annuler à tout moment ces opérations.

Exceptions :

- Mauvaise détection des marqueurs.
- Erreur d'accès à la base de données.

Post-conditions :

- Catégorie ajoutée avec succès.
- Ou bien :
- Catégorie supprimée avec succès.

4.3.3- Diagramme global des cas d'utilisations fonctionnels

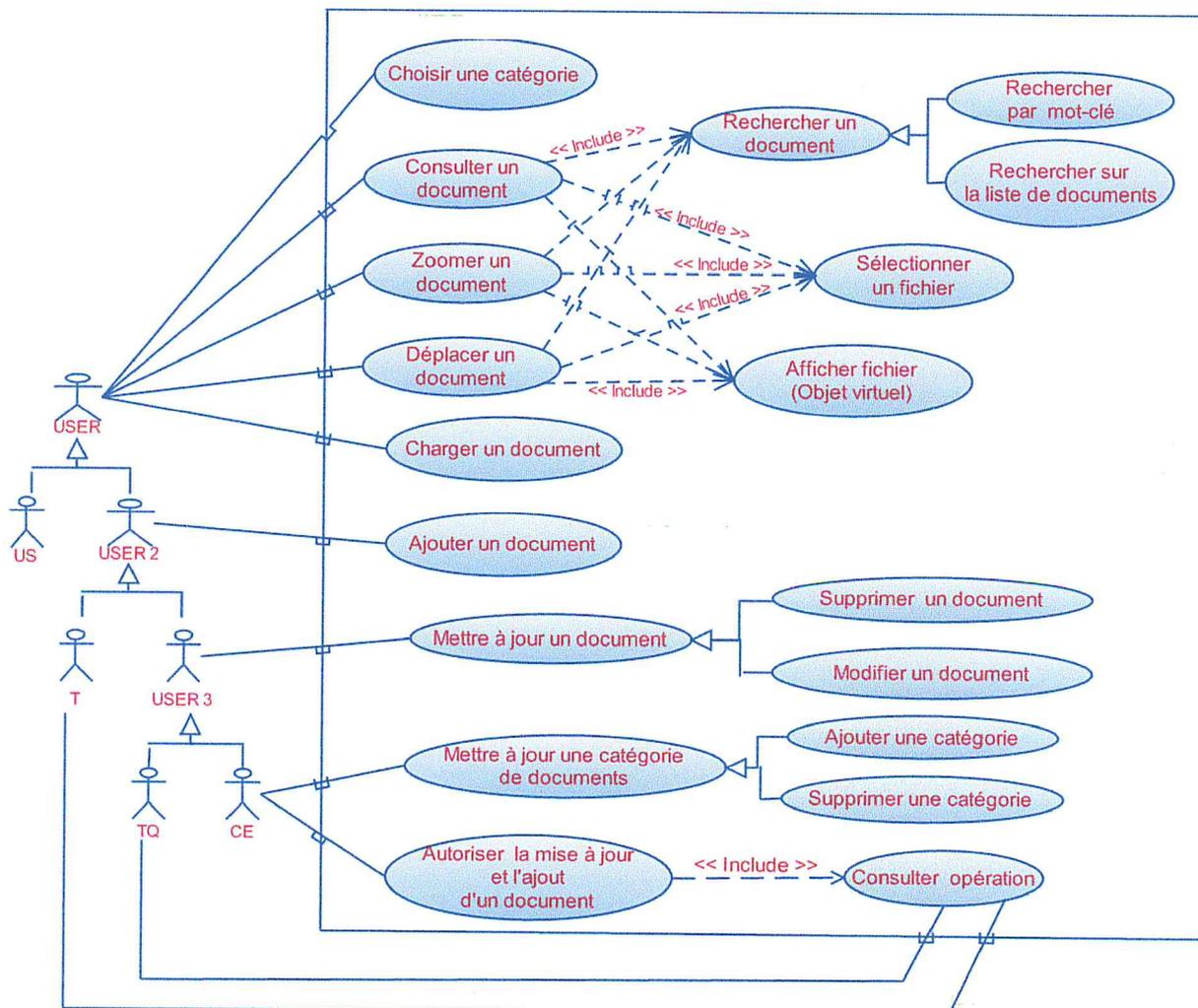


Figure 30 : Diagramme global des cas d'utilisations fonctionnels

4.3.4- Identification des classes candidates fonctionnelles :

Les diagrammes de classes participantes suivantes montrent les classes utilisées dans l'application (colorées en marron) et celles stockées dans notre future base de données (colorées en bleu).

- **Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Choisir une catégorie »**

Il ne s'agit pas d'association entre la classe « *Interface de choix de catégorie* » et la classe « *Catégorie* », c'est pour dire que la liste des différentes catégories de la classe *Catégorie* sera affichée sur l'Interface de choix de catégorie.

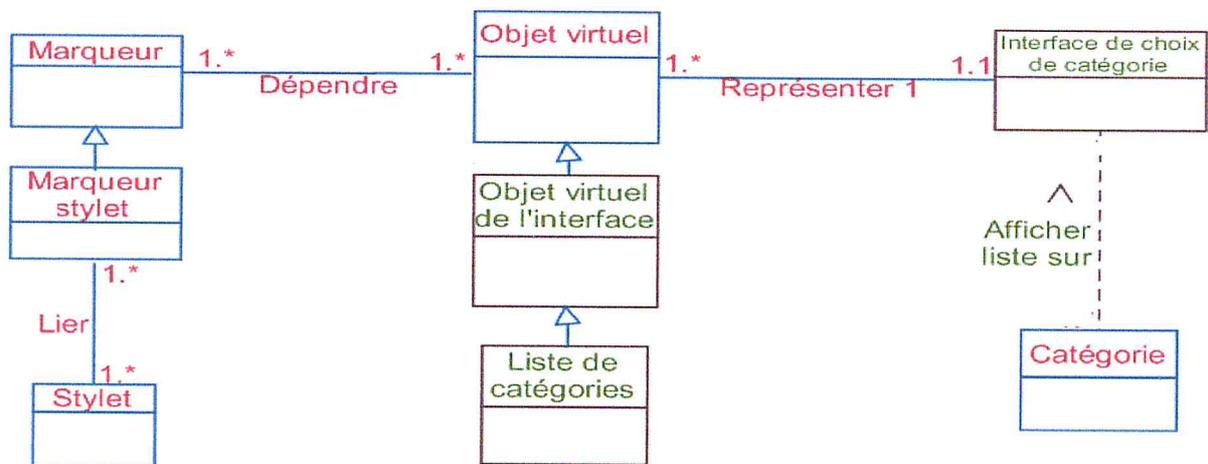


Figure 31 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation « Choisir une catégorie »

- **Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Consulter un document »**

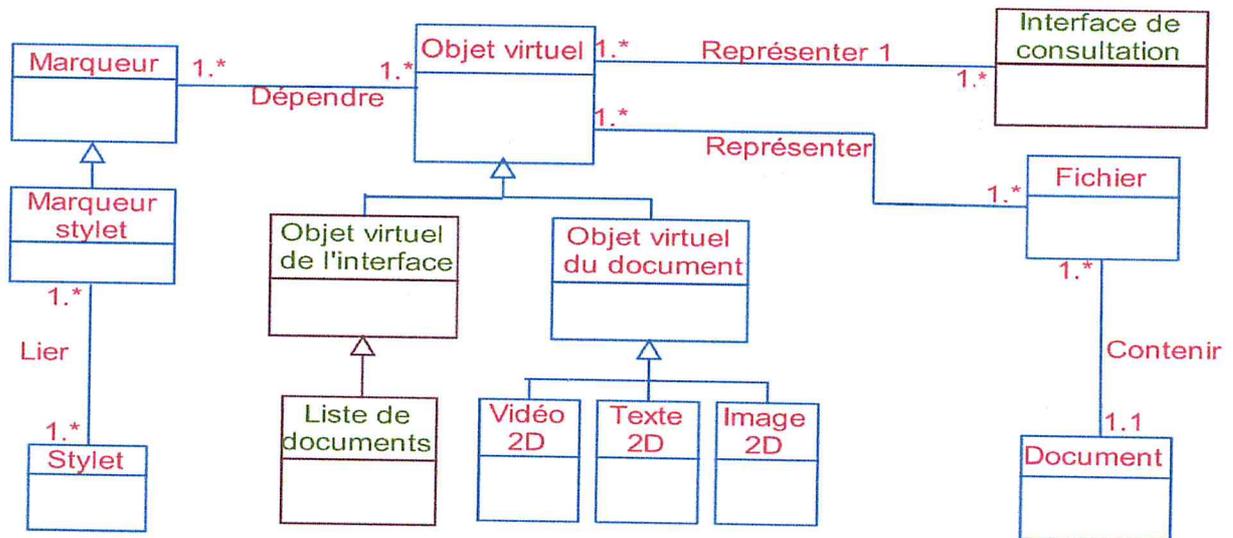


Figure 32 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation « Consulter un document »

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Charger un document »

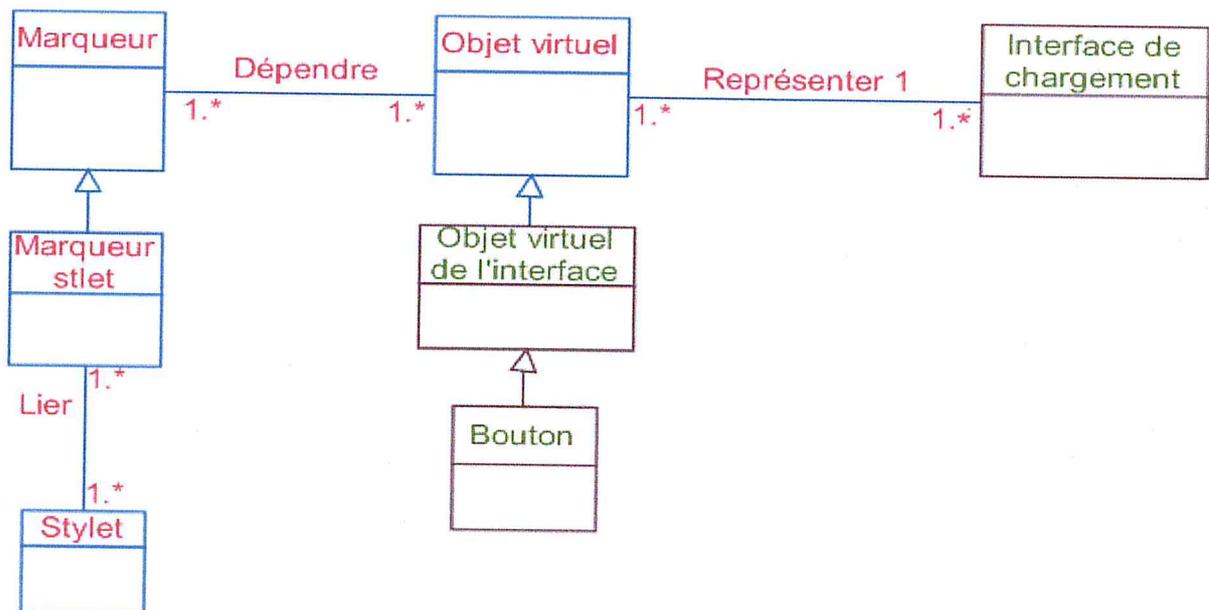


Figure 33 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation « Charger un document »

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation
 - Zoomer un document
 - Déplacer un document

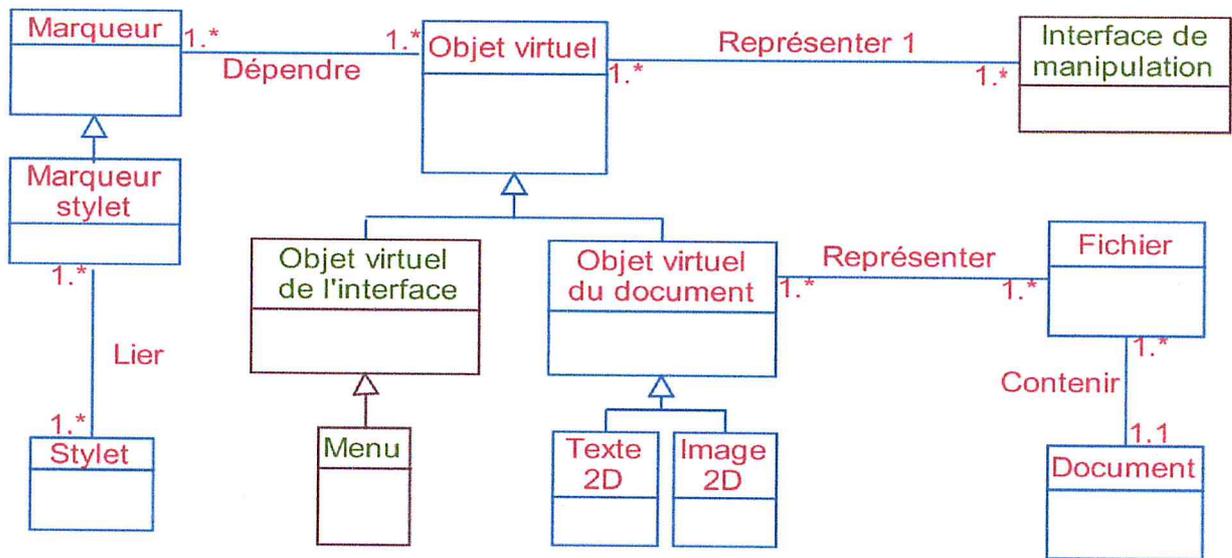


Figure 34 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Zoomer/Déplacer un document »

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Rechercher un document »

Il ne s'agit pas d'association entre la classe « *Interface de recherche* » et la classe « *Mot-clé* », c'est pour dire que les mots-clé saisis au niveau de l'*Interface de recherche* seront vérifiés au niveau de la classe *Mot-clé*.

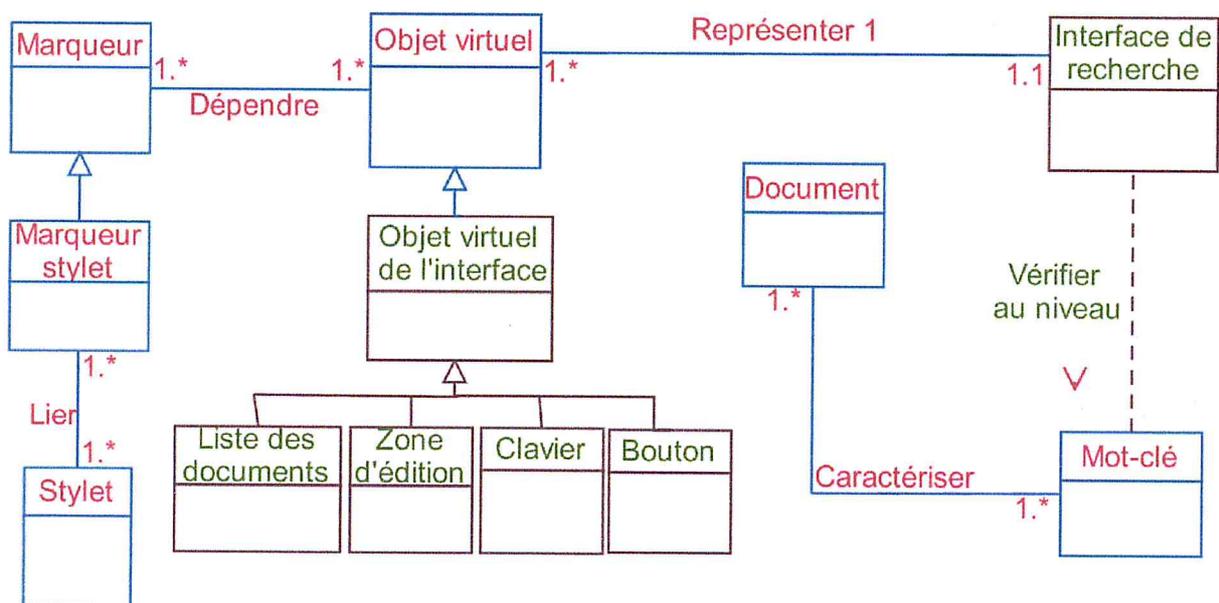


Figure 35 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Rechercher un document »

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Ajouter un document »

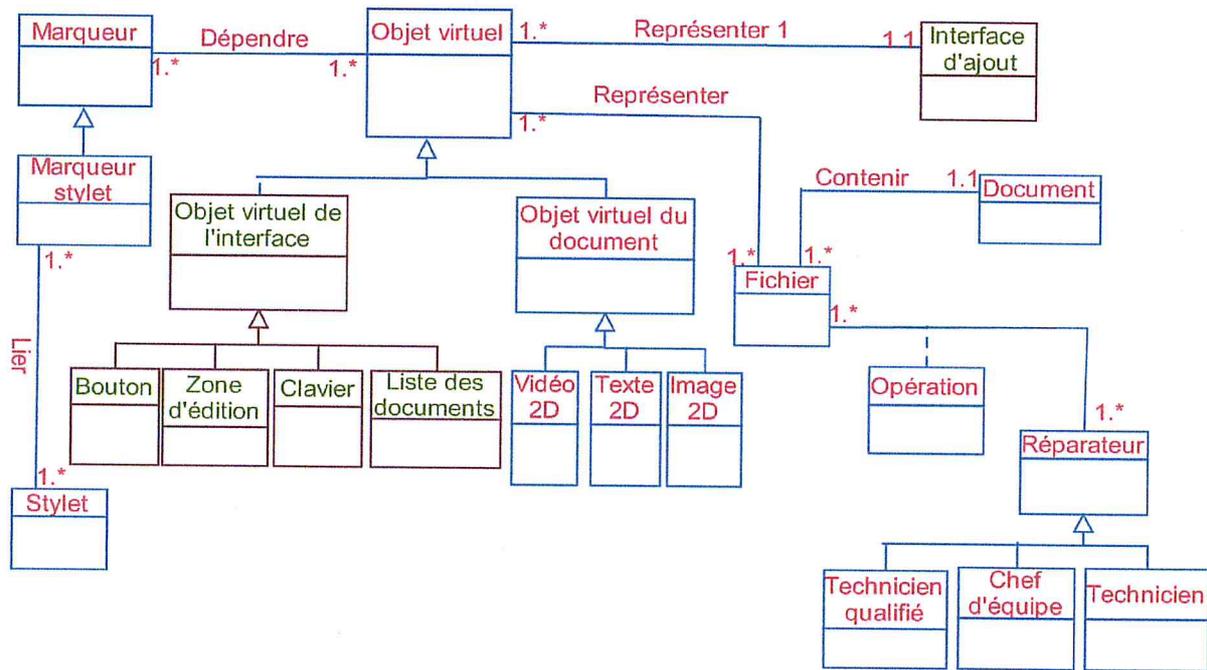


Figure 36 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Ajouter un document»

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Mettre à jour d'un document »

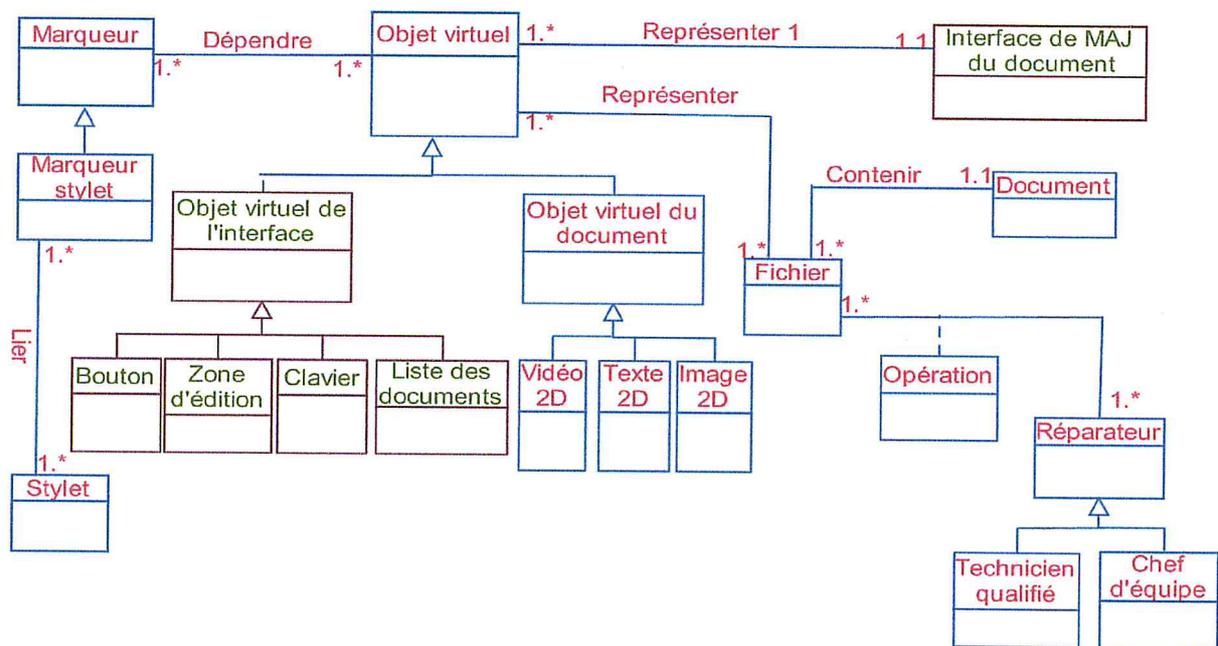


Figure 37 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Mettre à jour un document »

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Autoriser la mise à jour d'un document »

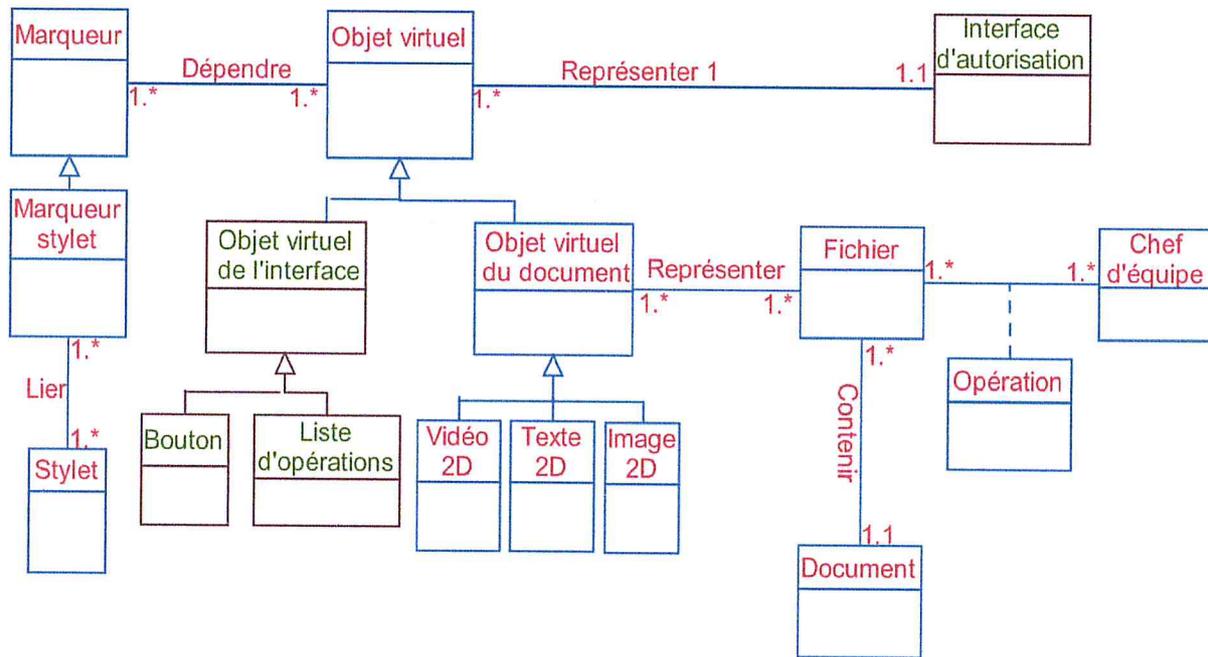


Figure 38 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document»

- Diagramme des classes participantes du cas d'utilisation « Mettre à jour d'une catégorie »

Il ne s'agit pas d'association entre la classe « *Interface de MAJ de catégorie* » et la classe « *Catégorie* », c'est pour dire que le nom de la catégorie à ajouter ou à supprimer saisi au niveau de l'*Interface de MAJ de catégorie* sera vérifié au niveau de la classe *Catégorie*.

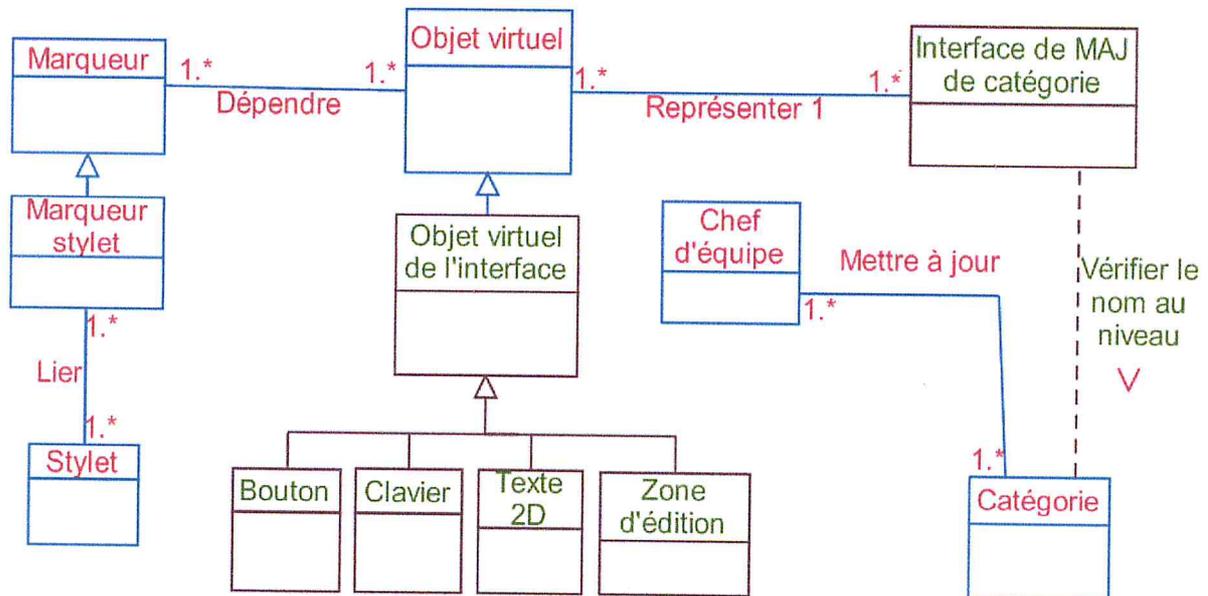


Figure 39 : Diagramme de classes participantes du cas d'utilisation «Mettre à jour une catégorie »

4.4- Analyse

4.4.1- Développement du modèle statique :

L'identification des cas d'utilisations nous a permis d'identifier les classes candidates de notre système interactif. Tout au long de notre développement, nous avons effectué un affinement sur ces classes en supprimant quelques unes puisque ceci s'est avéré nécessaire et la définition des relations entre ces classes puis l'affectation des attributs aux classes et associations. Le résultat final va être présenté au niveau du diagramme de classe suivant :

4.4.2- Développement du modèle dynamique :

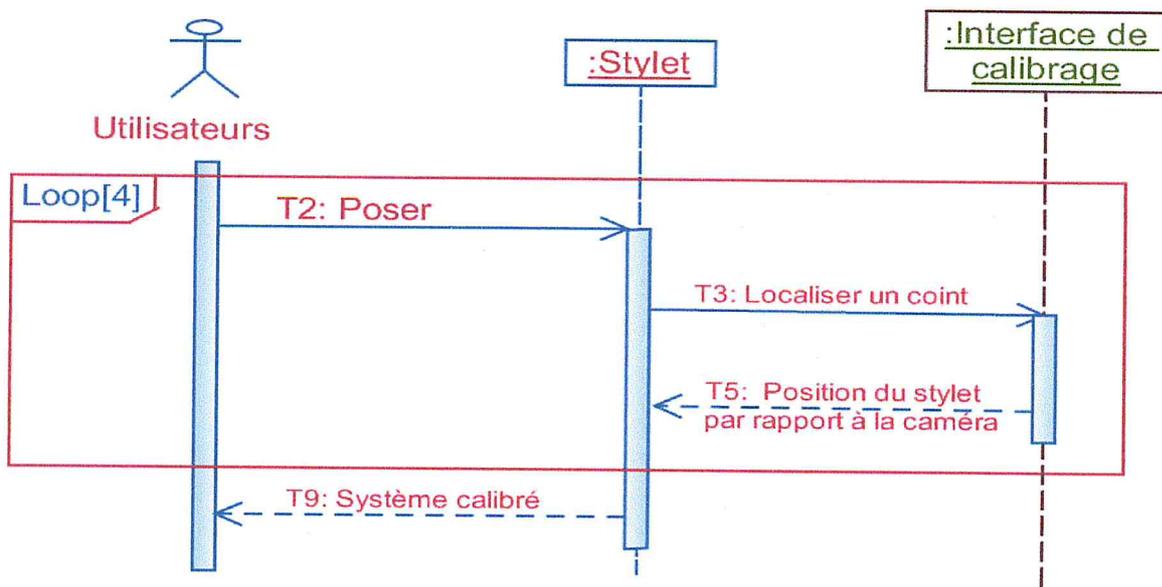
Après l'étude statique, nous détaillerons le dynamisme de notre système interactif en montrant les différents messages échangés entre les différentes instances de classes du modèle statique.

Ces interactions peuvent être décrites à travers le diagramme de séquences qui se base sur l'ordre de messages échangés entre les objets qui composent le système.

Le concept d'interaction s'est intégré aussi au niveau de nos diagrammes de séquences dans la deuxième partie de chaque diagramme afin de montrer les différentes interactions entre les marqueurs du stylet et les objets virtuels (elle explique le déroulement de la partie fonctionnelle).

NB :

- **Move** et **OnMarkerMove** sont des fonctions qui vérifient si le *marqueur du stylet* entre dans la zone de l'*objet virtuel* pour exécuter un événement.
 - La différence entre les deux fonctions est que **Move** est une fonction de *.NET*, et on a repris son principe pour implémenter la fonction **OnMarkerMove**.
 - On associe deux marqueurs au stylet : **marqueur1** et **marqueur2**, le **marqueur1** sert généralement à faire des sélections, par contre le **marqueur2** sert pour le clic (exécuter des événements).
- **Diagramme de séquence « Calibrer le système » :**



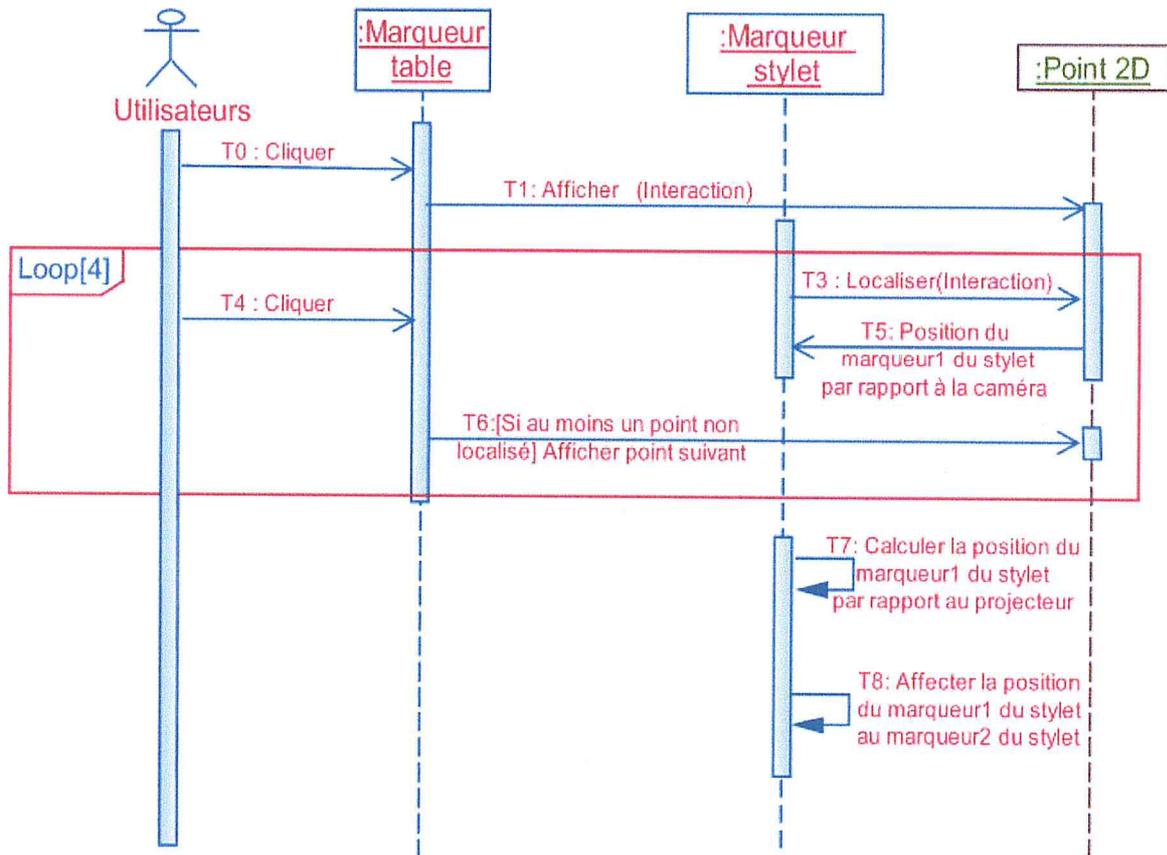


Figure 41 : Diagramme de séquence «Calibrer le système »

Le scénario :

- T0 - T1: L'utilisateur clique avec son doigt sur le marqueur OK de la table pour afficher un point 2D sur le coin de l'interface.
- T2 - T3: L'utilisateur pose le stylet sur le point 2D affiché.
- T4 : Une fois le stylet est posé sur le point 2D affiché sur le coin de la l'interface, l'utilisateur clique une autre fois sur le marqueur OK.
- T5 : Le système récupère les coordonnées du marqueur1 du stylet sur la table par rapport à la caméra.
- T6 : Le système affiche un autre point 2D s'il reste au moins un coin de l'interface non localisé.
 - L'utilisateur va répéter les étapes précédentes (T4, T5, T6) quatre fois afin de récupérer la position du marqueur1 du stylet sur les quatre coins de l'interface.
- T7: Le système fait appel à un algorithme pour calculer les coordonnées du marqueur1 du stylet par rapport au projecteur.

- T8 : Le système affecte les nouvelles coordonnées du marqueur1 du stylet au marqueur2 du stylet, car les deux marqueurs se déplacent dans le même chemin.
- T9 : Un message s'affiche à l'utilisateur pour lui informé que le système est calibré.

• Diagramme de séquence « S'authentifier » :

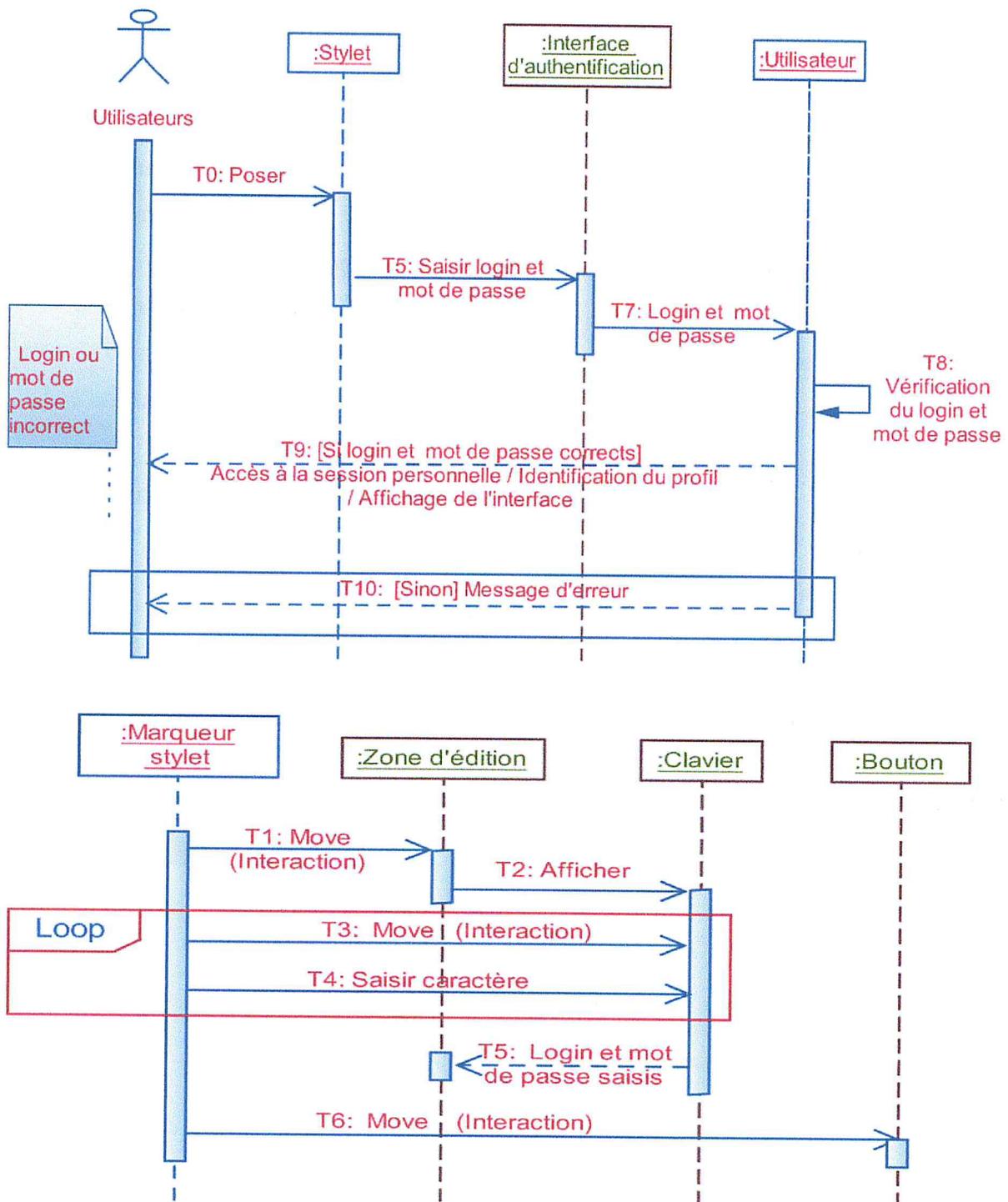


Figure 42 : Diagramme de séquence «S'authentifier »

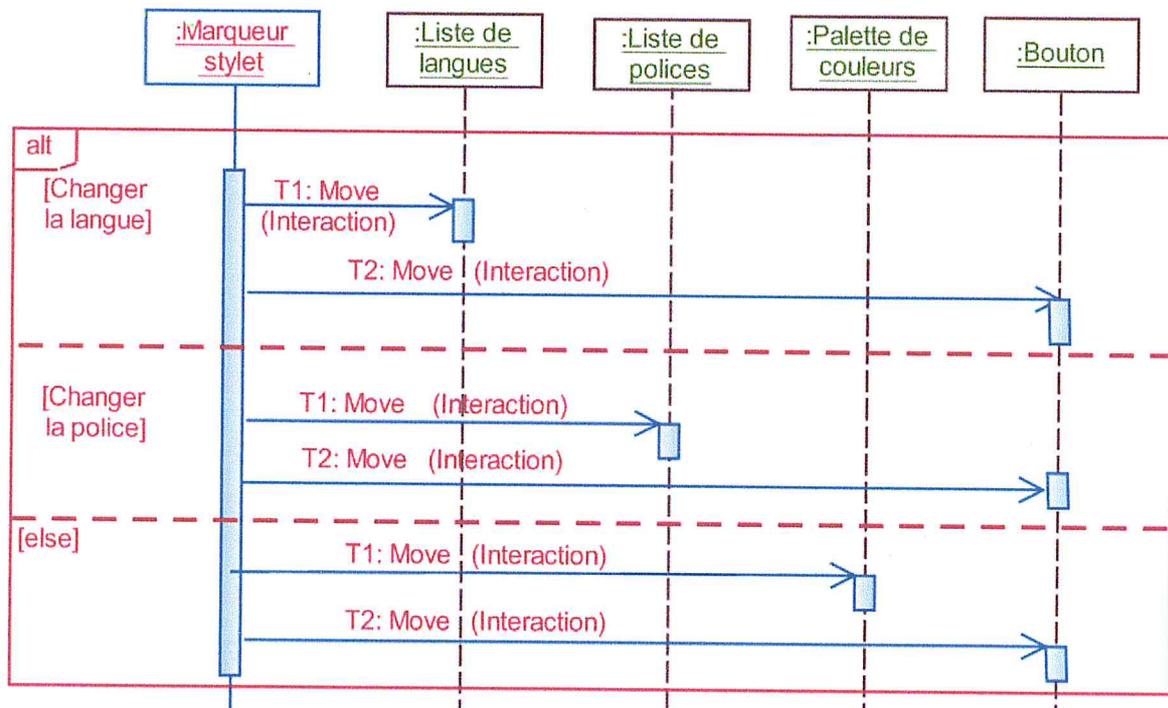


Figure 43 : Diagramme de séquence «Etablir les préférences »

Le scénario :

- **T0** : L'utilisateur pose le stylet sur l'interface d'établissement des préférences.
 - Si l'utilisateur veut changer la langue :
 - **T1** : L'utilisateur fait un move sur la liste des langues pour choisir une langue.
 - **T2 - T3** : L'utilisateur fait un move sur le bouton OK de l'interface d'établissement des préférences pour valider son choix, et traduire sa session dans la langue choisie.
 - Si l'utilisateur veut changer la police :
 - **T1** : L'utilisateur fait un move sur la liste de polices pour choisir une police.
 - **T2 - T3** : L'utilisateur fait un move sur le bouton OK de l'interface d'établissement des préférences pour valider son choix, et afficher sa session avec la police choisie.
 - Si l'utilisateur veut changer la couleur :
 - **T1** : L'utilisateur fait un move sur la palette des couleurs pour choisir une couleur.
 - **T2 - T3** : L'utilisateur fait un move sur le bouton OK de l'interface d'établissement des préférences pour valider son choix, et colorer sa session avec la couleur choisie.

• Diagramme de séquence « Gérer les profils des utilisateurs » :

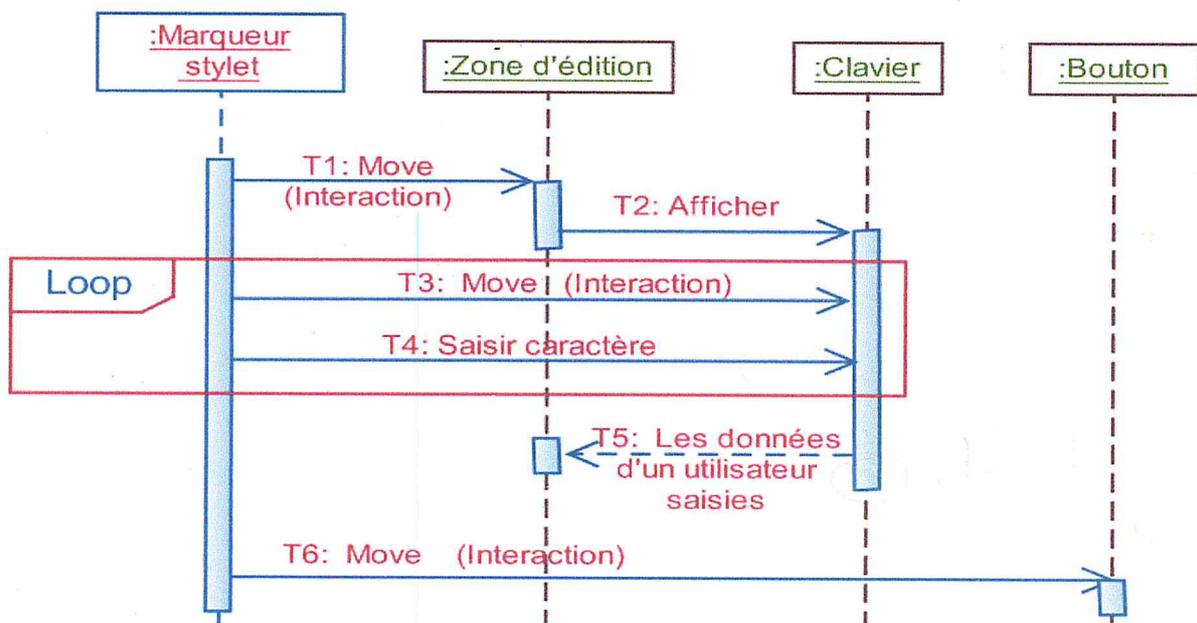
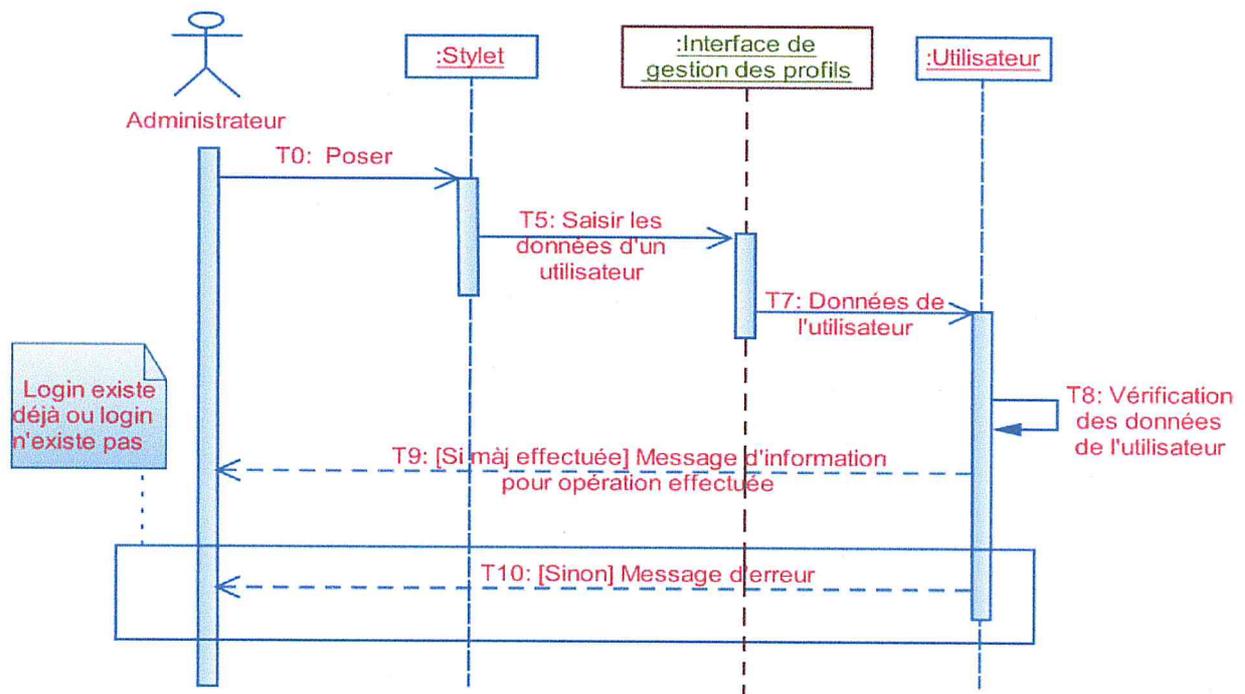


Figure 44 : Diagramme de séquence «Gérer les profils des utilisateurs »

Scénario :

- T0 : L'administrateur pose le stylet sur l'interface de gestion des profils.

- **T1** : L'administrateur fait un move sur les zones d'édition de l'interface de gestion des profils.
- **T2** : Le move sur les zones d'édition fait afficher le clavier
- **T3 - T4 - T5**: L'administrateur fait des move sur le clavier afin de saisir les données nécessaires de la mise à jour qui veut effectuer.
- **T6 - T7 - T8** : L'administrateur fait un move sur le bouton de mise à jour pour vérifier les données saisies au niveau de la table Utilisateur.
- **T9** : Si la mise à jour est effectuée, un message d'information pour opération effectuée est affiché à l'administrateur.
- **T10** : Si la mise à jour n'est pas effectuée, un message d'erreur est affiché à l'administrateur.

• Diagramme de séquence « Choisir une catégorie » :

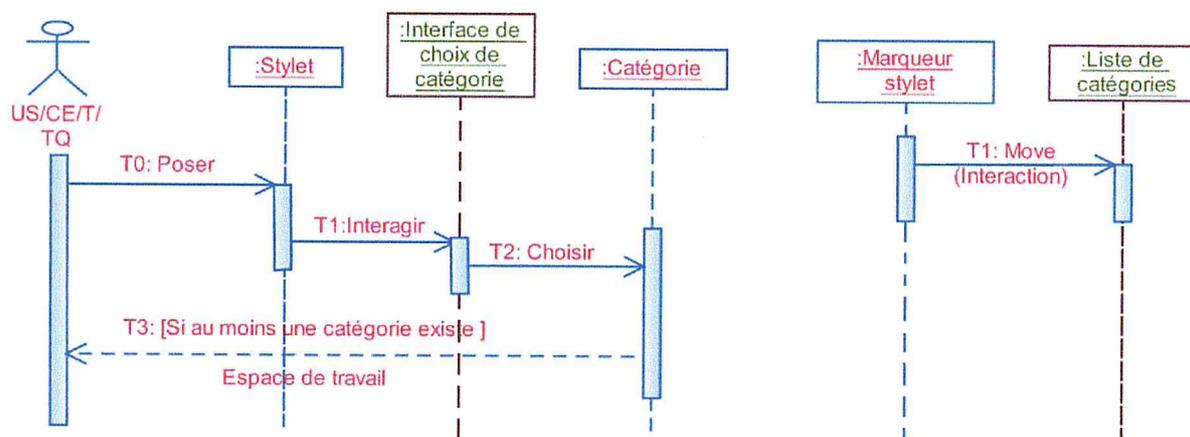


Figure 45 : Diagramme de séquence « Choisir une catégorie »

Le scénario :

- **T0** : L'utilisateur pose le stylet sur l'interface de choix de catégorie.
- **T1 - T2** : L'utilisateur fait un move sur la liste des catégories pour choisir une catégorie.
- **T3** : Si au moins une catégorie existe dans le système, l'utilisateur accède à l'espace de travail correspondant à cette catégorie.

• Diagramme de séquence « Consulter un document » :

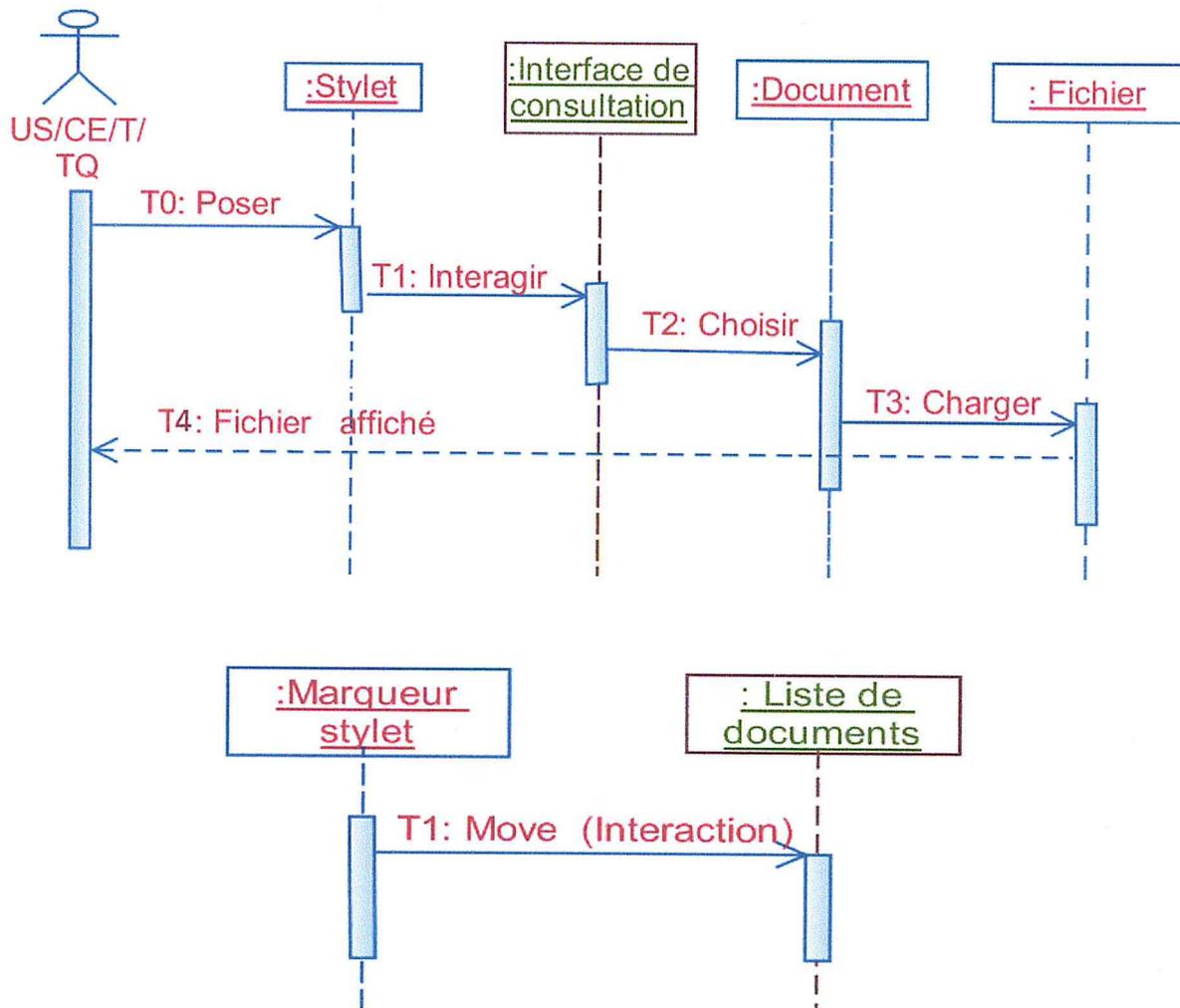


Figure 46 : Diagramme de séquence « Consulter un document »

Le scénario :

- T0- L'utilisateur pose le stylet sur l'interface de consultation des documents.
- T1 - T2 : L'utilisateur fait un move sur la liste des documents pour choisir un document.
- T3 : Le système charge tous les fichiers correspondant au document sélectionné.
- T4 : les fichiers correspondant au document sélectionné sont affichés à l'utilisateur.

- Diagramme de séquence « Charger un document » :

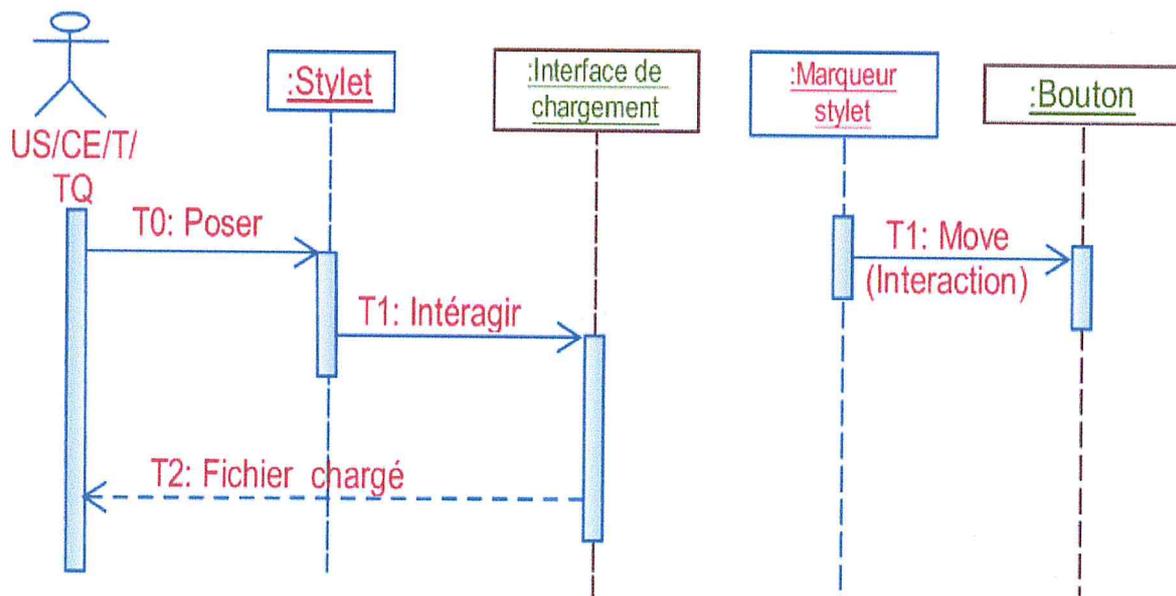


Figure 47 : Diagramme de séquence «Charger un document »

Le scénario :

- T0 : L'utilisateur pose le stylet sur l'interface de chargement des documents.
- T1 : L'utilisateur fait un move sur le bouton de l'interface de chargement pour charger un document de l'extérieur du système.
- T2 : L'utilisateur reçoit un fichier chargé.

- Diagramme de séquence « Zoomer un document » :

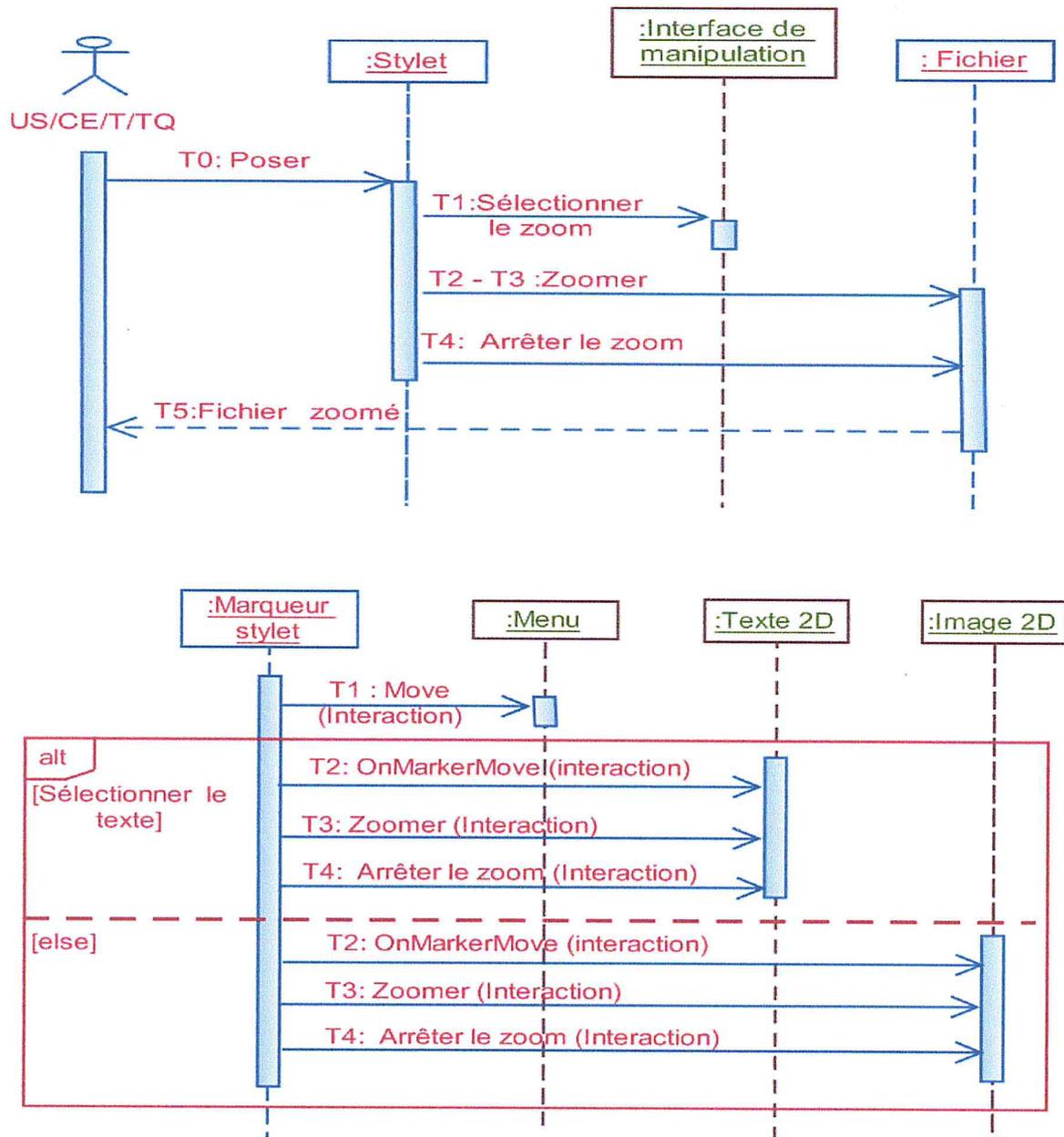


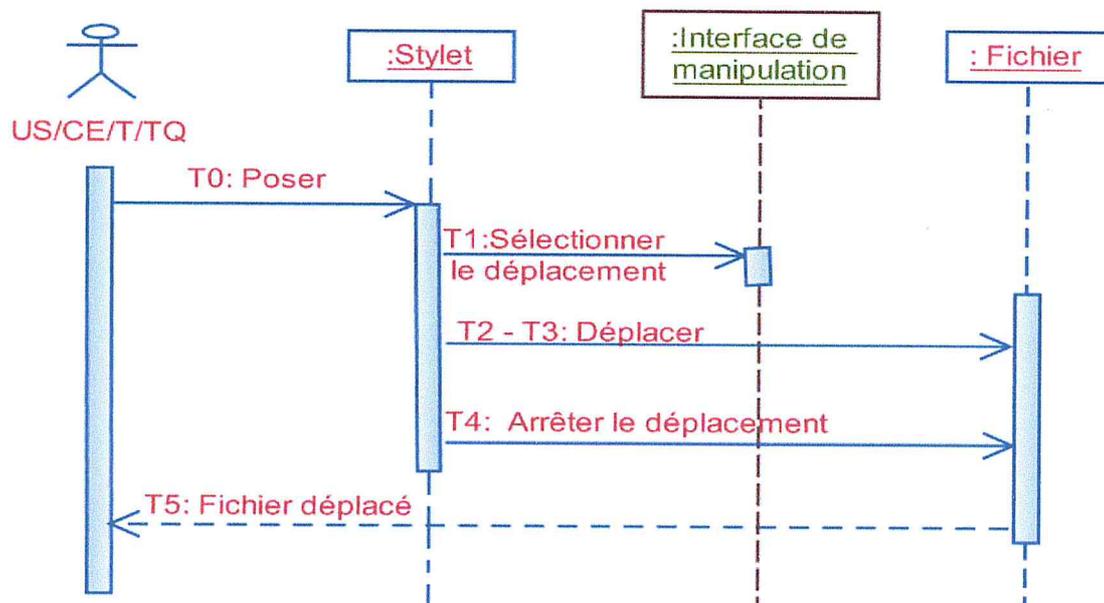
Figure 48 : Diagramme de séquence «Zoomer un document »

Le scénario :

- T0 : L'utilisateur pose le styler sur l'interface de manipulation des documents.
- T1 : L'utilisateur fait un move sur le menu pour sélectionner l'option du Zoom.
 - Si l'utilisateur veut zoomer un texte 2D.
- T2-T3: Il fait un OnMarkerMove sur le texte2D en utilisant le styler sur lequel est posé le marqueur1 pour zoomer le texte sélectionné.

- **T4** : L'utilisateur utilise le stylet sur lequel est posé le marqueur2 pour arrêter le zoom du texte.
 - Si l'utilisateur veut zoomer une image.
- **T2-T3**: Il fait un OnMarkerMove sur l'image 2D en utilisant le stylet sur lequel est posé le marqueur1 pour zoomer l'image sélectionnée.
- **T4** : L'utilisateur utilise le stylet sur lequel est posé le marqueur2 pour arrêter le zoom de l'image.
- **T5** : le fichier est zoomé.

- **Diagramme de séquence « Déplacer un document » :**



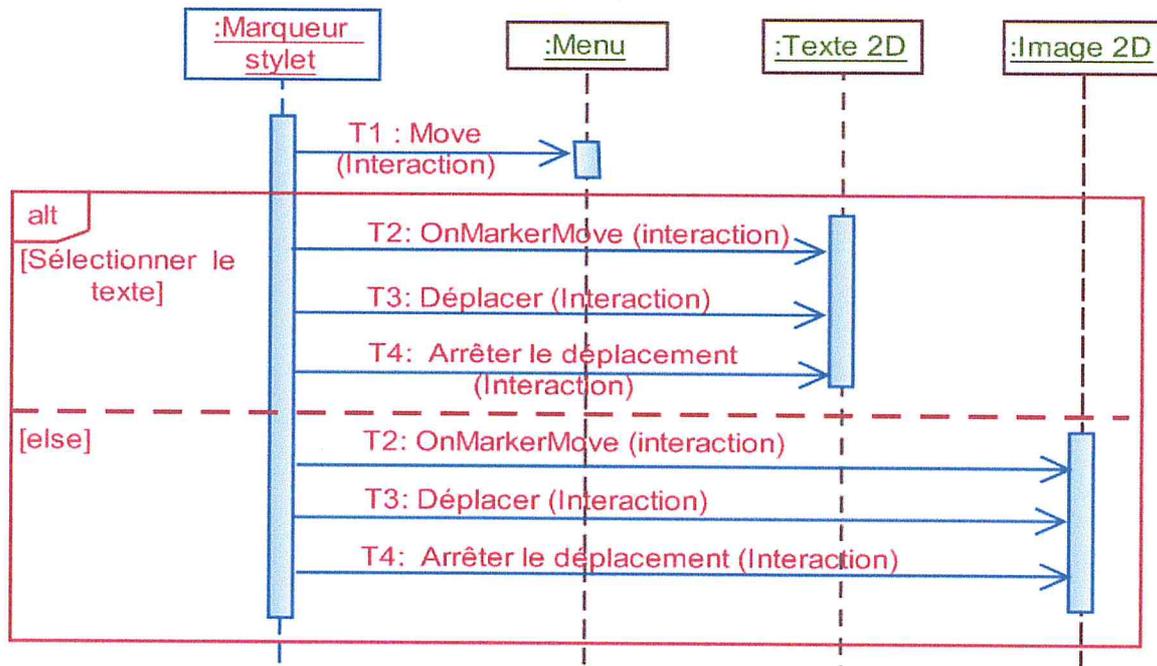


Figure 49 : Diagramme de séquence «Déplacer un document »

Le scénario :

- **T0** : L'utilisateur pose le stylet sur l'interface de manipulation des documents.
- **T1** : L'utilisateur fait un move sur le menu pour sélectionner l'option du déplacement.
 - Si l'utilisateur veut déplacer un texte 2D.
- **T2-T3**: Il fait un OnMarkerMove sur le texte2D en utilisant le stylet sur lequel est posé le marqueur1 pour déplacer le texte sélectionné.
- **T4** : L'utilisateur utilise le stylet sur lequel est posé le marqueur2 pour arrêter le déplacement du texte.
 - Si l'utilisateur veut déplacer une image.
- **T2-T3**: Il fait un OnMarkerMove sur l'image 2D en utilisant le stylet sur lequel est posé le marqueur1 pour déplacer l'image sélectionné.
- **T4** : L'utilisateur utilise le stylet sur lequel est posé le marqueur2 pour arrêter le déplacement de l'image.
- **T5** : le fichier est déplacé.

Diagramme de séquence « Rechercher un document » :

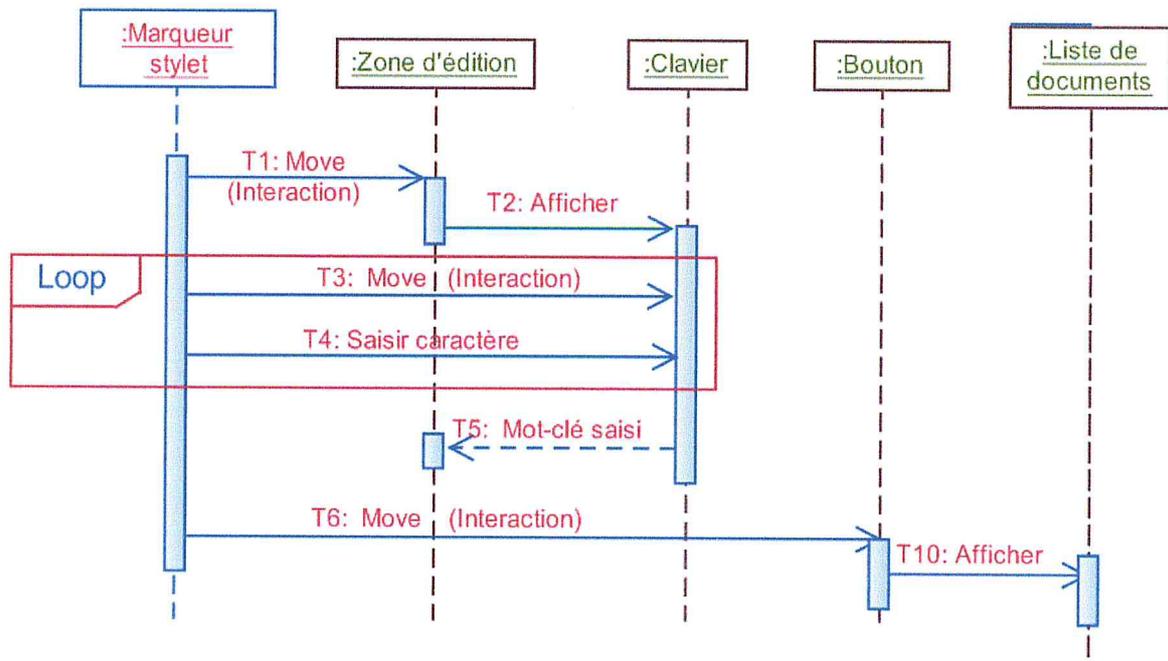
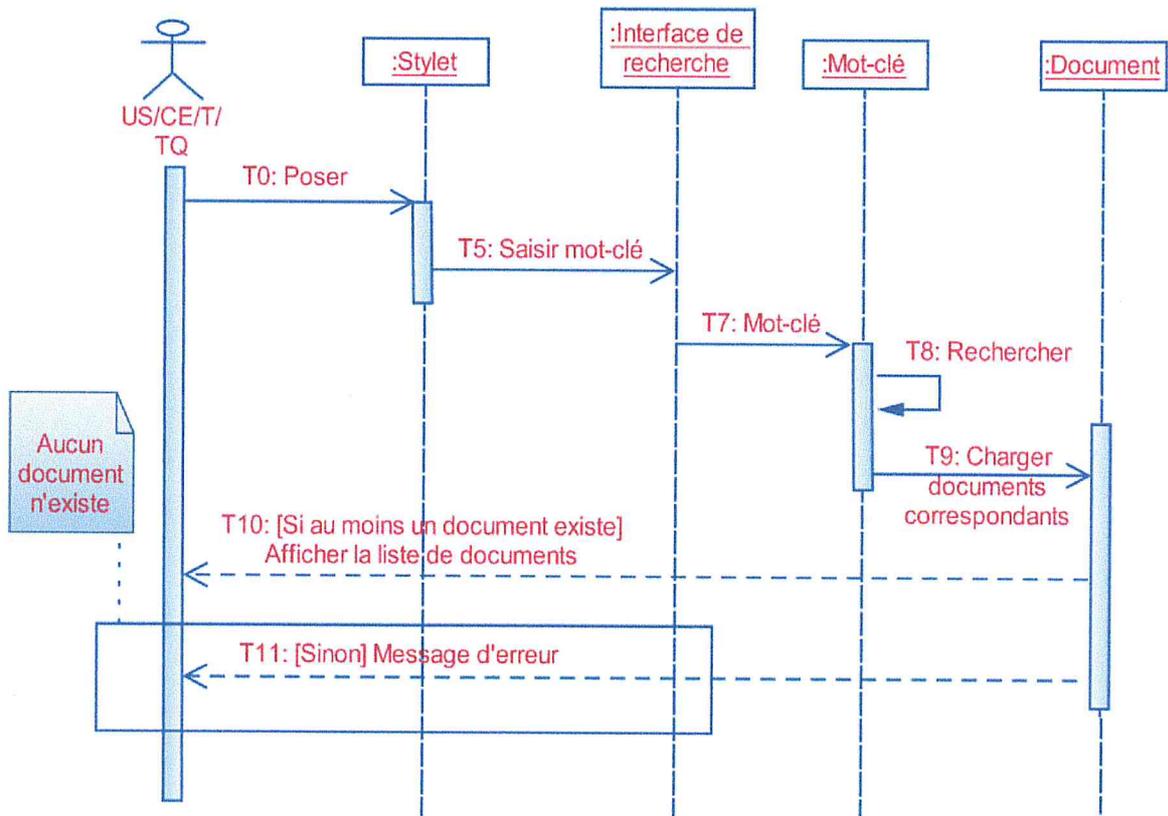
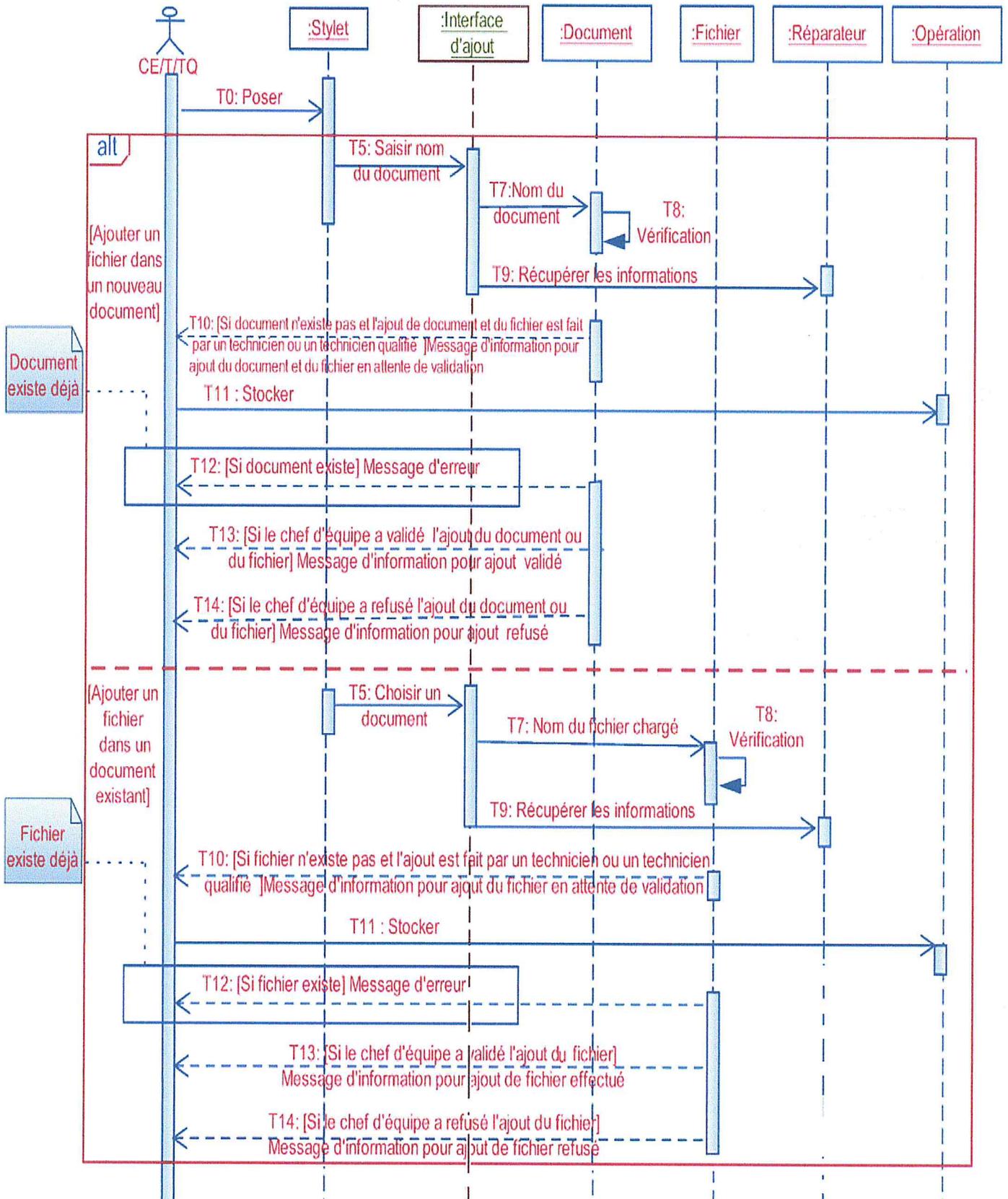


Figure 50 : Diagramme de séquence «Rechercher un document »

Le scénario :

- **T0** : L'utilisateur pose le stylet sur l'interface de recherche des documents.
- **T1** : L'utilisateur fait un move sur la zone d'édition de l'interface de recherche des documents.
- **T2** : Le move sur la zone d'édition fait afficher le clavier.
- **T3 - T4 - T5** : L'utilisateur fait des move sur le clavier afin de saisir un mot-clé.
- **T6 - T7 - T8** : L'utilisateur fait un move sur le bouton OK de l'interface de recherche des documents pour rechercher les documents correspondants au mot-clé saisi. La recherche se fait au niveau de la table Documents.
- **T9-T10** : Si au moins un document existe, la liste des documents correspondants au mot-clé saisi est affichée à l'utilisateur.
- **T11** : Si aucun document n'existe, un message d'erreur est affiché à l'utilisateur.

• Diagramme de séquence « Ajouter un document » :



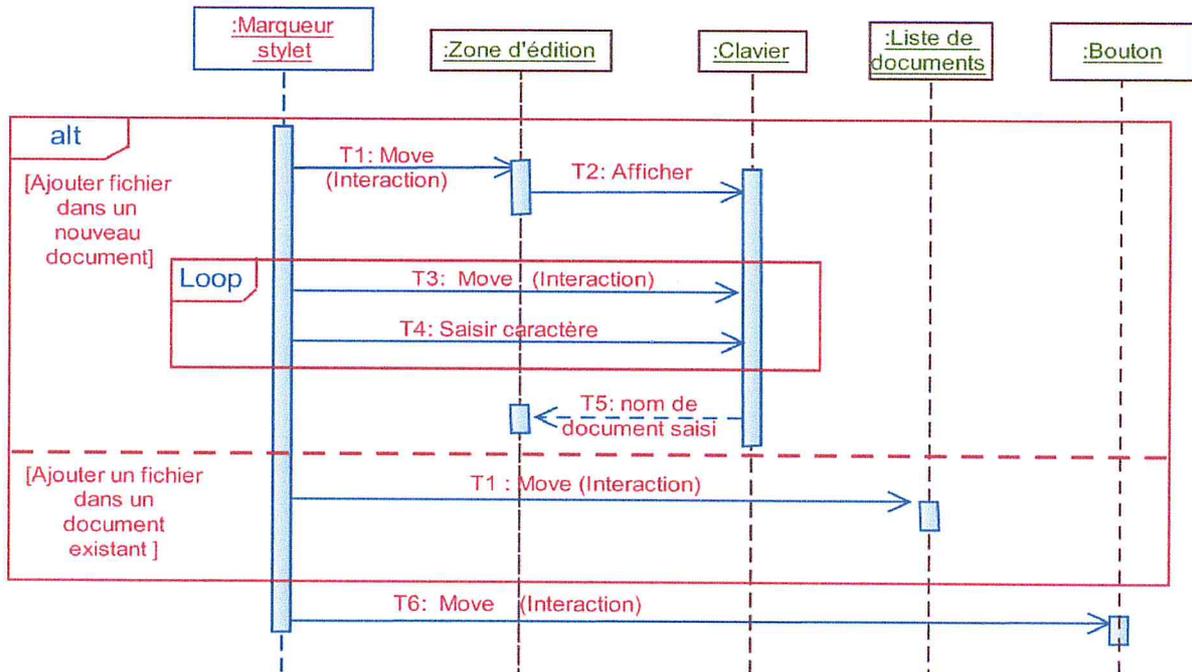


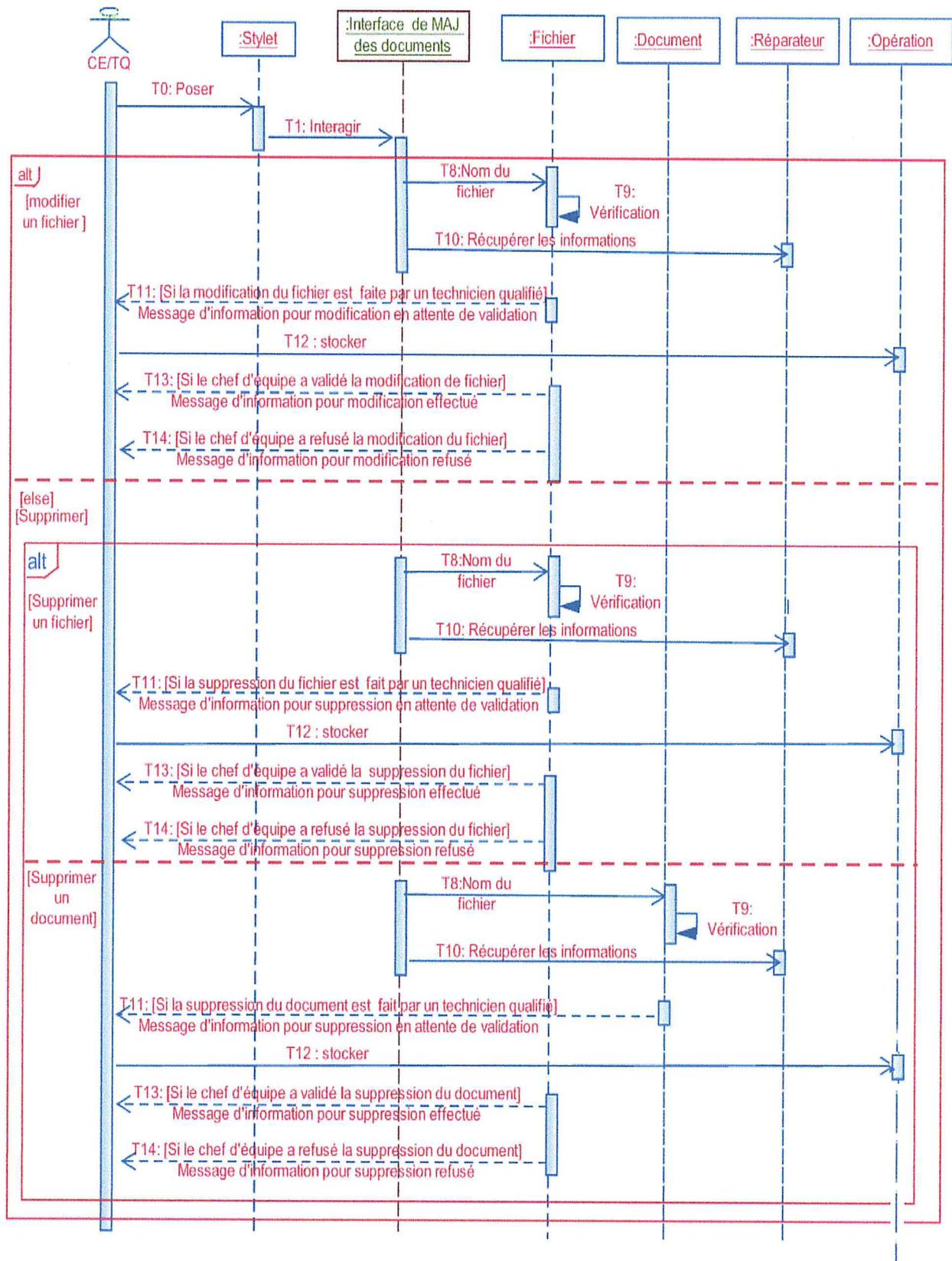
Figure 51 : Diagramme de séquence «Ajouter un document »

Le scénario :

- **T0** : L'utilisateur pose le stylet sur l'interface d'ajout des documents.
 - Si l'utilisateur veut ajouter un fichier dans un nouveau document :
- **T1** : L'utilisateur fait un move sur la zone d'édition de l'interface d'ajout des documents.
- **T2** : Le move sur la zone d'édition fait afficher le clavier.
- **T3 - T4 - T5** : L'utilisateur fait des move sur le clavier afin de saisir le nom du document à ajouter.
- **T6 – T7 – T8 – T9** : L'utilisateur fait un move sur le bouton Ajouter de l'interface d'ajout des documents pour ajouter un document qui a été chargé dans le système. A ce moment, le système récupère les coordonnées de l'utilisateur qui effectue cette opération, et vérifie si le document existe déjà au niveau de la table Document.
- **T10** : Si document n'existe pas, et l'ajout du document et de fichier est par un technicien ou u technicien qualifié, un message d'information pour ajout du document et de fichier en attente de validation du chef d'équipe est affiché à l'utilisateur.
- **T11** : Le système stocke l'opération d'ajout du document et de fichier au niveau de la table Opération.
- **T12** : Si le document existe déjà, un message d'erreur est affiché à l'utilisateur.

- **T13** : Si le chef d'équipe a validé l'ajout du document ou de fichier, un message d'information pour ajout effectué est affiché à l'utilisateur.
- **T14** : Si le chef d'équipe a refusé l'ajout du document ou de fichier, un message d'information pour ajout refusé est affiché à l'utilisateur.
 - Si l'utilisateur veut ajouter un fichier dans un document existant:
 - **T1-T5** : L'utilisateur fait un move sur la liste des documents pour en sélectionner un.
 - **T6 – T7 – T8 – T9** : L'utilisateur fait un move sur le bouton Ajouter de l'interface d'ajout des documents pour ajouter le fichier qui a été chargé dans le document sélectionné. A ce moment, le système récupère les coordonnées de l'utilisateur qui effectue cette opération, et vérifie si le fichier existe déjà au niveau de la table Fichier.
 - **T10** : Si fichier n'existe pas, et l'ajout de fichier est par un technicien ou un technicien qualifié, un message d'information pour ajout de fichier en attente de validation du chef d'équipe est affiché à l'utilisateur.
 - **T11** : Le système stocke l'opération d'ajout de fichier au niveau de la table Opération.
 - **T12** : Si le fichier existe déjà, un message d'erreur est affiché à l'utilisateur.
 - **T13** : Si le chef d'équipe a validé l'ajout de fichier, un message d'information pour ajout effectué est affiché à l'utilisateur.
 - **T14** : Si le chef d'équipe a refusé l'ajout de fichier, un message d'information pour ajout refusé est affiché à l'utilisateur.

• Diagramme de séquence « Mettre à jour un document » :



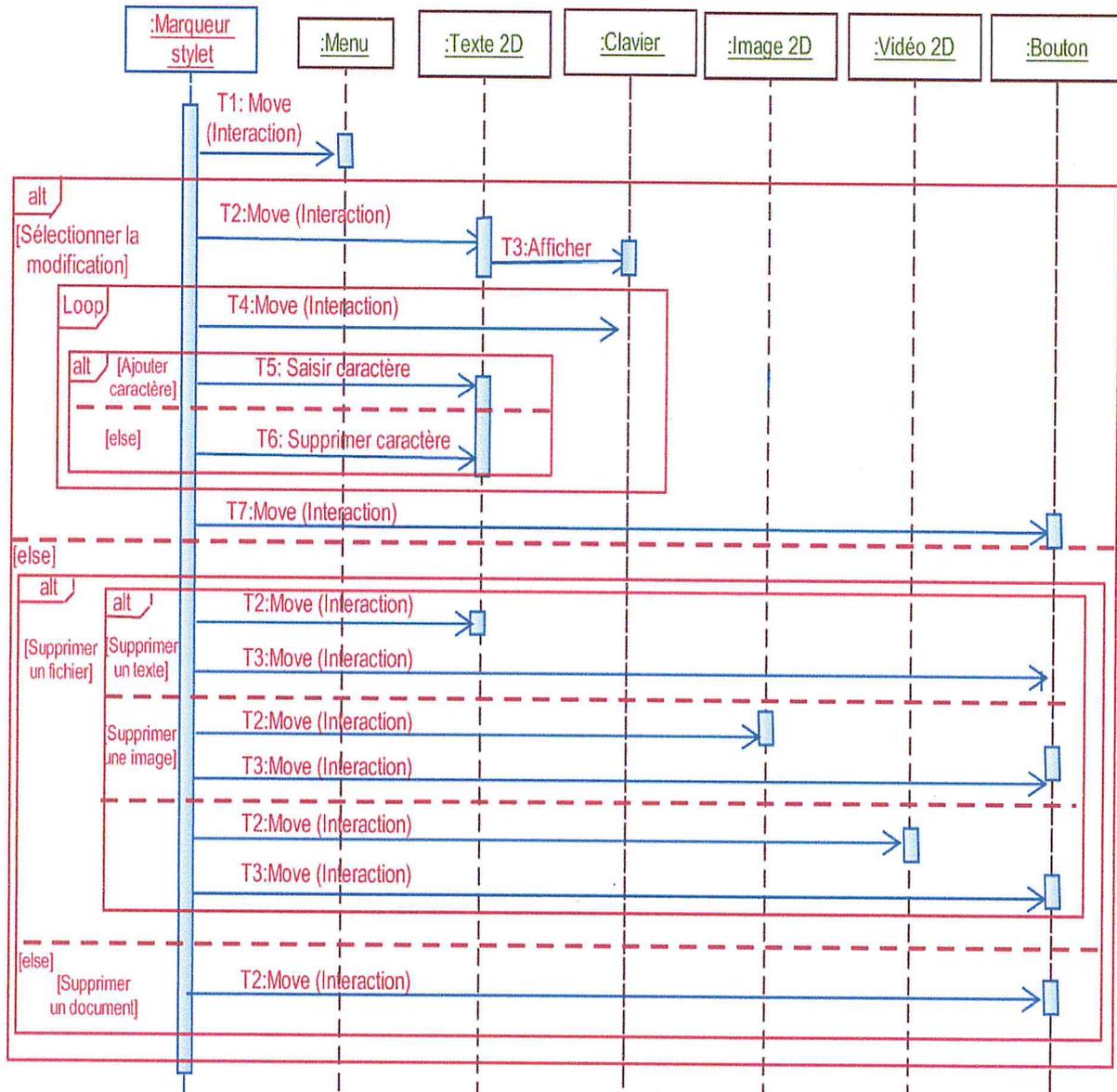


Figure 52 : Diagramme de séquence «Mettre à jour un document »

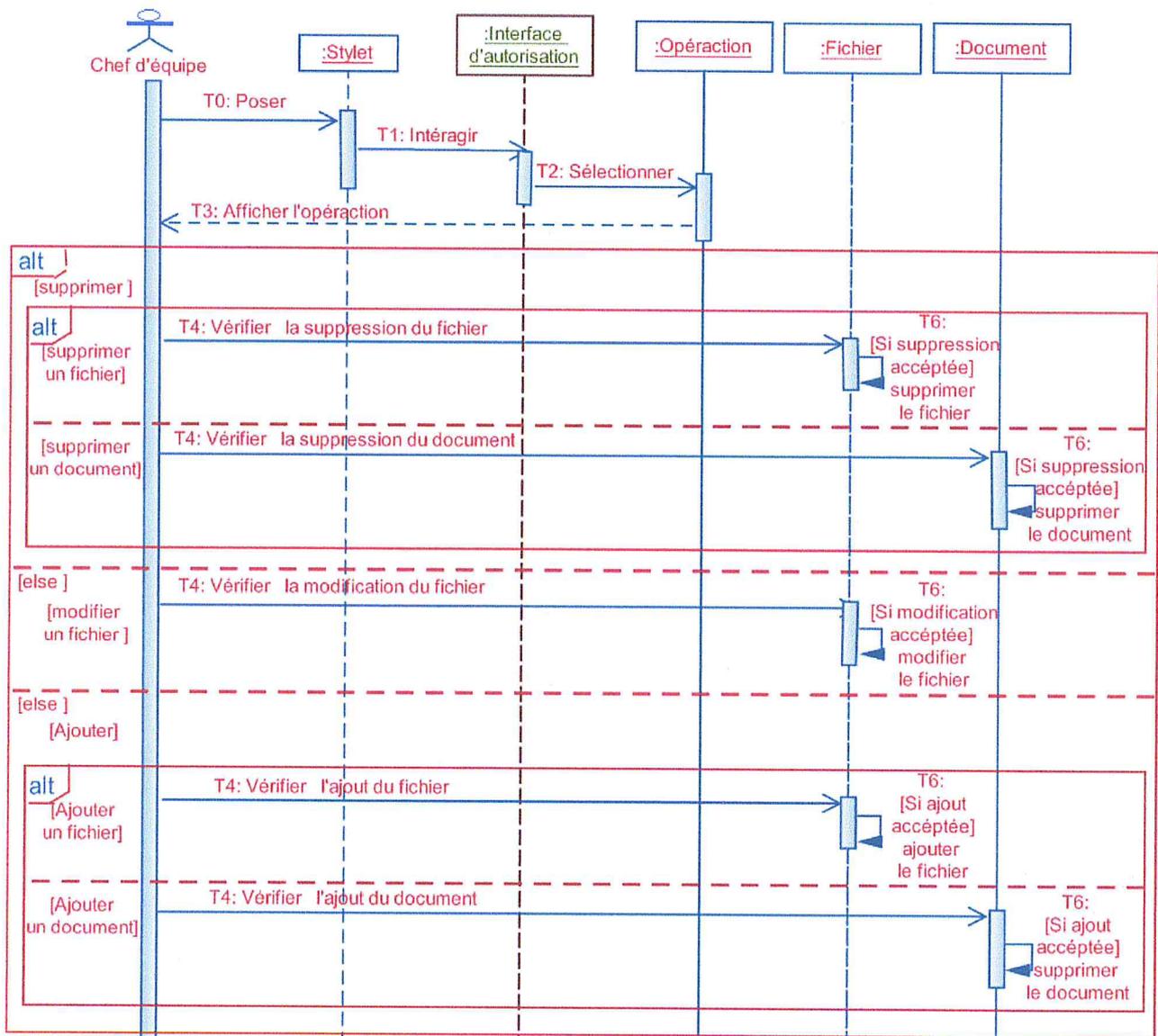
Le scénario :

- **T0** : L'utilisateur pose le stylet sur l'interface de mise à jour des documents.
- **T1** : L'utilisateur fait un move sur le menu pour sélectionner l'option du Modification ou de Suppression du document.
 - Si l'utilisateur veut modifier un document:
- **T2** : L'utilisateur fait un move sur le Texte2D qui veut le modifier.
- **T3** : Le move sur le Texte2D fait afficher le clavier.

- **T4 T5 - T6** : L'utilisateur fait des move sur le clavier et modifie le texte en ajoutant ou en supprimant des caractères.
- **T7- T8- T9- T10** : L'utilisateur fait un move sur le bouton modifier. A ce moment, le système récupère les coordonnées de l'utilisateur qui effectue cette opération, et vérifie si le Texte existe déjà au niveau de la classe Fichier.
- **T11** : Si la modification est effectuée par un technicien qualifié, un message d'information pour modification de fichier en attente de validation est affiché à l'utilisateur.
- **T12** : Le système stocke la modification de fichier au niveau de la table Opération.
- **T13** : Si le chef d'équipe a validé la modification de fichier, un message d'information pour modification effectuée est affiché à l'utilisateur.
- **T14** : Si le chef d'équipe a refusé la modification de fichier, un message d'information pour modification refusé est affiché à l'utilisateur.
 - Si l'utilisateur veut supprimer:
 - Supprimer un fichier
- **T2** : L'utilisateur fait un move sur le Texte 2D ou l'Image 2D ou le Vidéo 2D qui veut le supprimer.
- **T3- T8- T9- T10** : L'utilisateur fait un move sur le bouton supprimer. A ce moment, le système récupère les coordonnées de l'utilisateur qui effectue cette opération, et vérifie si le fichier existe déjà au niveau de la table Fichier.
- **T11** : Si la suppression est effectuée par un technicien qualifié, un message d'information pour suppression de fichier en attente de validation est affiché à l'utilisateur.
- **T12** : Le système stocke la suppression de fichier au niveau de la table Opération.
- **T13** : Si le chef d'équipe a validé la suppression de fichier, un message d'information pour suppression effectuée est affiché à l'utilisateur.
- **T14** : Si le chef d'équipe a refusé la suppression de fichier, un message d'information pour suppression refusé est affiché à l'utilisateur.
 - Supprimer un document
- **T2 - T8- T9- T10** : L'utilisateur fait un move sur le bouton supprimer. A ce moment, le système récupère les coordonnées de l'utilisateur qui effectue cette opération, et vérifie si le document existe déjà au niveau de la table Document.

- **T11** : Si la suppression est effectuée par un technicien qualifié, un message d'information pour suppression du document en attente de validation est affiché à l'utilisateur.
- **T12** : Le système stocke la suppression du document au niveau de la table Opération.
- **T13** : Si le chef d'équipe a validé la suppression du document un message d'information pour suppression effectuée est affiché à l'utilisateur.
- **T14** : Si le chef d'équipe a refusé la suppression du document, un message d'information pour suppression refusé est affiché à l'utilisateur.

• **Diagramme de séquence « Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document » :**



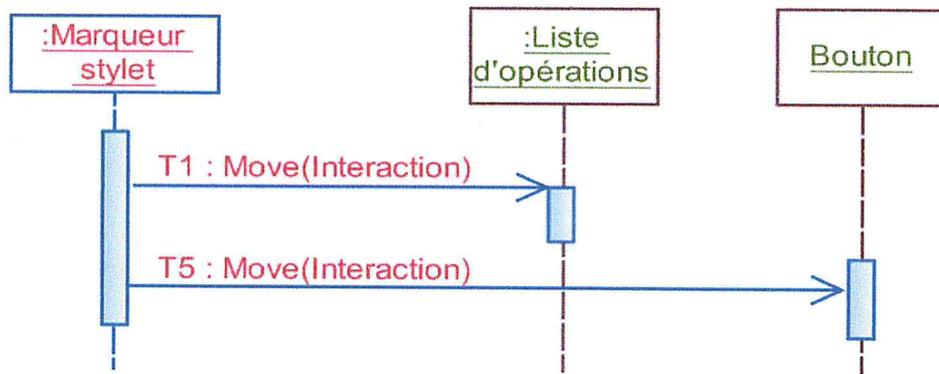


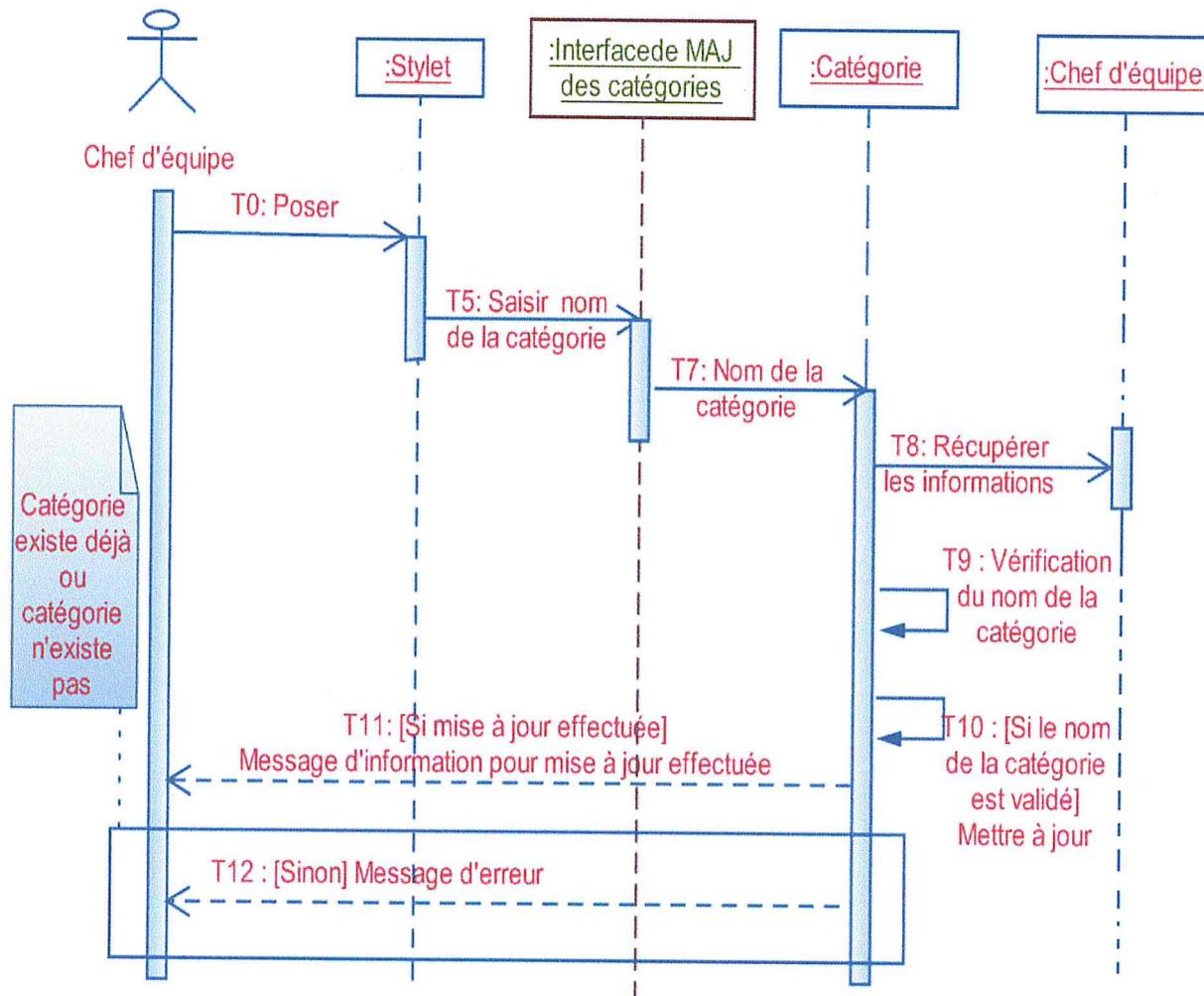
Figure 53 : Diagramme de séquence «Autoriser la mise à jour et l'ajout d'un document »

Le scénario :

- **T0** : Le chef d'équipe pose le stylet sur l'interface d'autorisation.
- **T1 - T2 - T3** : Le chef d'équipe fait un move sur la liste des opération afin de sélectionner une opération et la consulter.
 - En cas de validation de suppression :
 - En cas de validation de suppression d'un fichier :
- **T4** : Le chef d'équipe vérifie la suppression de fichier.
- **T5 - T6** : Si la suppression est acceptée, le chef d'équipe, fait un move sur le bouton OUI pour supprimer le fichier.
 - En cas de validation de suppression d'un document :
- **T4** : Le chef d'équipe vérifie la suppression de document.
- **T5 - T6** : Si la suppression est acceptée, le chef d'équipe, fait un move sur le bouton OUI, pour supprimer le document.
 - En cas de validation de modification d'un fichier :
- **T4** : Le chef d'équipe vérifie la modification de fichier.
- **T5 - T6** : Si la modification est acceptée, le chef d'équipe, fait un move sur le bouton OUI, pour modifier le fichier.
 - En cas de validation d'ajout :
- En cas de validation d'ajout d'un fichier :
- **T4** : Le chef d'équipe vérifie l'ajout de fichier.
- **T5 - T6** : Si l'ajout est acceptée, le chef d'équipe, fait un move sur le bouton OUI pour ajouter le fichier.

- En cas de validation l'ajout d'un document :
- T4 : Le chef d'équipe vérifie l'ajout de document.
- T5 - T6 : Si l'ajout est acceptée, le chef d'équipe, fait un move sur le bouton OUI, pour ajouter le document.

• Diagramme de séquence « Mise à jour des catégories » :



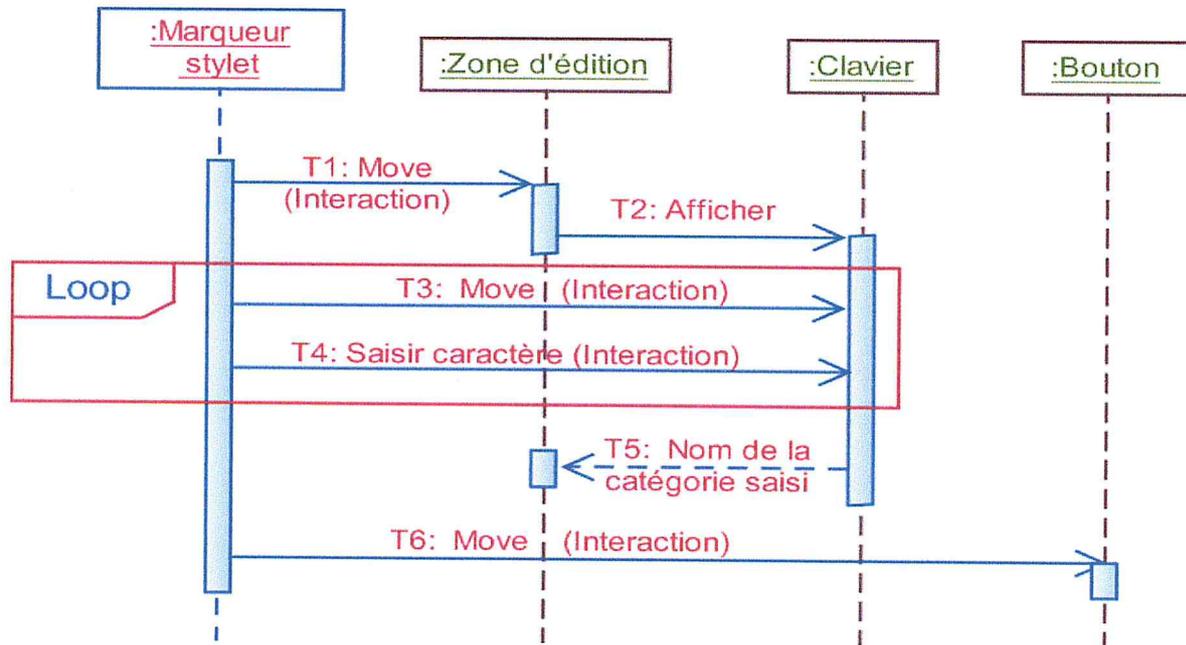


Figure 54 : Diagramme de séquence «Mettre à jour une catégorie de documents »

Le scénario :

- **T0** : Le chef d'équipe pose le stylet sur l'interface de mise à jour des catégories.
- **T1** : Le chef d'équipe fait un move sur la zone d'édition de l'interface de mise à jour des catégories.
- **T2** : Le move sur la zone d'édition fait afficher le clavier.
- **T3 - T4 - T5** : Le chef d'équipe fait des move sur le clavier afin de saisir le nom de la catégorie à ajouter ou à supprimer.
- **T6 - T7 - T8 - T9** : Le chef d'équipe fait un move sur le bouton Ajouter ou Supprimer de l'interface de mise à jour des catégories. A ce moment, le système récupère les coordonnées du chef d'équipe qui effectue cette opération, et vérifie si le nom de la catégorie existe au niveau de la table Catégorie.
- **T10-T11** : Si le nom de la catégorie est validé, la table Catégorie est mise à jour, et un message d'information pour opération effectuée est affiché à l'utilisateur.
- **T12** : Si la mise à jour n'est pas effectuée, un message d'erreur est affiché au chef d'équipe.

4.5- Conception détaillée

4.5.1- Description détaillée des classes

Nous allons dans ce qui suit décrire toutes les classes objets et association ainsi que leurs attributs :

Classe	Attributs	Description	Type
Utilisateur Classe qui regroupe tous les utilisateurs inscrits dans le système	ID-Utilisateur	Identifiant de l'utilisateur	Entier
	Nom-Utilisateur	Nom de l'utilisateur	Chaine
	Prénom-Utilisateur	Prénom de l'utilisateur	Chaine
	Login-Utilisateur	Login de l'utilisateur	Chaine
	Mot-Passe-Utilisateur	Mot de passe de l'utilisateur	Chaine
	Fonction-Utilisateur	Fonction de l'utilisateur	Chaine
	Spécialité-Utilisateur	Spécialité de l'utilisateur	Chaine
Administrateur Classe qui hérite de la classe « Utilisateur », elle contient l'administrateur du système.			
Utilisateur simple Classe qui hérite de la classe « Utilisateur », elle regroupe tous les utilisateurs simples du système.			
Réparateur Classe qui hérite de la classe « Utilisateur », elle regroupe tous les techniciens, les techniciens qualifiés et les chefs d'équipes du système.			

Technicien Classe qui hérite de la classe « Réparateur », elle regroupe tous les techniciens du système.			
Technicien qualifié Classe qui hérite de la classe « Réparateur », elle regroupe tous les techniciens qualifiés du système.			
Chef d'équipe Classe qui hérite de la classe « Réparateur », elle regroupe tous les chefs d'équipes du système.			
Stylet Classe qui regroupe tous les stylets utilisés dans la table interactive.	ID-Stylet	Identifiant du stylet	Entier
	Largeur-Stylet	Largeur du stylet	Réel
	Longueur-Stylet	Longueur du stylet	Réel
	Couleur-Stylet	Couleur du stylet	Chaîne
Marqueur Classe qui regroupe tous les marqueurs utilisés dans les différents événements de la table interactive.	ID-Marqueur	Identifiant du marqueur	Entier
	Nom-Marqueur	Nom du marqueur	Chaîne
	Taille-Marqueur	Taille du marqueur	Réel
Marqueur table Classe qui hérite de la classe « Marqueur », elle regroupe les marqueurs posés sur la table.			
Marqueur stylet			

Classe qui hérite de la classe « Marqueur », elle regroupe les marqueurs posés sur les stylets.			
Catégorie : Classe qui regroupe toutes les catégories des documents du système.	ID-Cat	Identifiant de la catégorie	Entier
	Nom-Cat	Nom de la catégorie	Chaîne
Document : Classe qui regroupe toutes les fiches index des différents documents du système.	ID-Doc	Identifiant du document	Entier
	Nom-Doc	Nom du document	Chaîne
	Date-Création	Date de création du document	Date
	Description	Résumé sur le contenu du document	Chaîne
Fichier : Classe qui regroupe tous les fichiers correspondants aux documents du système.	ID-Fichier	Identifiant du fichier	Entier
	Nom-Fichier	Nom du fichier	Chaîne
	Type-Fichier	Type du fichier (texte, image, vidéo)	Chaîne
	Format-Fichier	Format du fichier (TXT, JPEG, mp4,... etc.)	Chaîne
Objet virtuel Classe qui regroupe tous les objets virtuels projetés sur la table interactive.	ID-Objet	Identifiant de l'objet virtuel	Entier
	Nom-Objet	Nom de l'objet virtuel	Chaîne
Objet virtuel du document Classe qui hérite de la classe « Objet virtuel », elle regroupe les objets virtuels représentant un document affiché sur la			

table interactive.			
Vidéo 2D : Classe qui hérite de la classe « Objet virtuel du document », elle regroupe les vidéos 2D des documents.			
Image 2D : Classe qui hérite de la classe « Objet virtuel de document », elle regroupe les images 2D des documents.			
Texte 2D : Classe qui hérite de la classe « Objet virtuel de document », elle regroupe les textes 2D des documents.			
Mot-clé : Classe qui regroupe les mots-clé qui caractérisant les différents documents du système.	Mot	Mot-clé	Chaîne
Opération : Classe associative qui regroupe les informations sur toutes les opérations de mise à jour effectuées sur les documents du système.	ID-Opération	Identifiant de l'opération	Entier
	Type-Opération	Type de l'opération (ajout, modification ou suppression d'un document)	Chaîne
	Date-Opération	Date de l'opération	Date
	Type-Réponse	Il retourne la réponse du chef d'équipe (<i>acceptée,</i>	Chaîne

		<i>refusée) ou en attente</i>	
	Consulté-Par-T-TQ	Il retourne si le technicien ou le technicien qualifié a consulté l'opération (oui ou non)	Booléen
	Nom-Doc	Nom du document mis à jour	Chaine

Tableau 5 : Tableau de description des classes

4.5.2- Description détaillée des associations

Nous allons dans ce qui suit décrire toutes les associations du système :

Association	Classes		Attributs
Lier Association qui spécifie le marqueur placé sur le stylet	Stylet	1.*	
	Marqueur	1.*	
Dépendre Association qui spécifie l'objet virtuel qui dépend du marqueur	Marqueur	1.*	
	Objet virtuel	1.*	
Représenter Association qui spécifie l'objet virtuel représentant le fichier	Fichier	1.*	
	Objet virtuel	1.*	
 Association de composition qui spécifie les documents de la catégorie	Catégorie		
	Document		
Caractériser Association qui spécifie les mots-clé caractérisant un document	Document	1.*	
	Mot-clé	1.*	

Contenir Association qui spécifie les fichiers correspondant à un document.	Document	1.*	
	Fichier	1.1	
Opération Classe associative qui regroupe les informations sur toutes les opérations de mise à jour effectuées sur les documents du système.	Réparateur	1.*	ID-Opération
			Type-Opération
	Fichier	1.*	Date-Opération
			Type-Réponse
			Consulté-Par-T-TQ
			Nom-Doc

Tableau 6 : Tableau de description des associations

4.5.3- Passage au modèle relationnel

Le modèle relationnel est basé sur une organisation des données sous forme de tables. Les attributs correspondent aux colonnes des tables.

Dans ce qui suit (Figure 57), nous présentons le schéma relationnel de notre base de données :

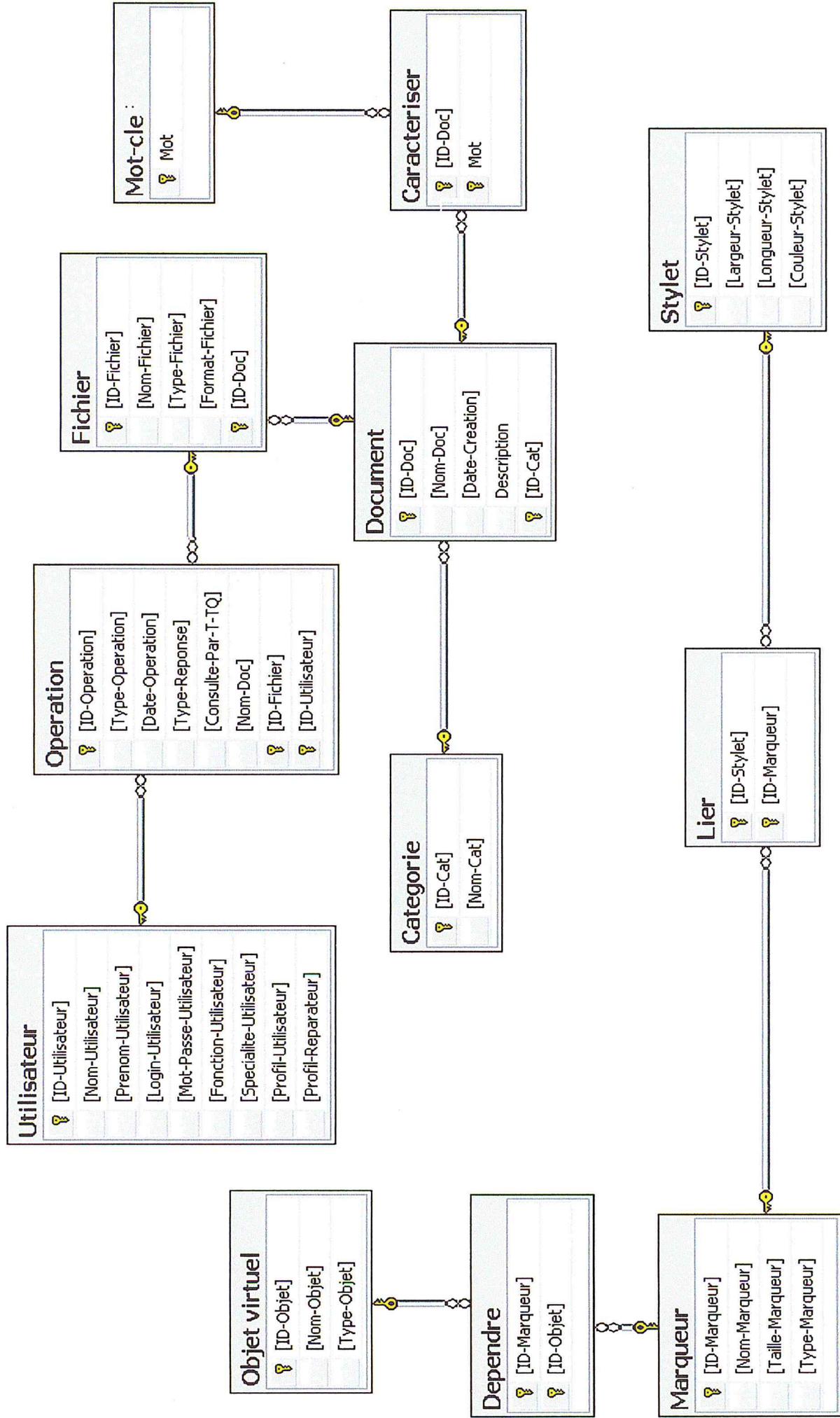


Figure 55 : Schéma relationnel de notre base de données

5- Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre les éléments nécessaires pour concevoir la table interactive TIAM. Dans ce cadre, nous avons opté pour le processus 2TUP qui nous semble le plus adéquat à nos besoins.

Dans ce chapitre, nous avons étudié les phases d'études préliminaires, d'analyse et de conception. Les phases codage, implémentation et tests seront développés dans le chapitre suivant.

Pour la partie validation, une étude de cas sera présentée. Il s'agit de réaliser une table interactive pour la gestion de documents numériques dans le contexte de la maintenance.

Chapitre 4

Réalisation d'un système interactif pour la gestion de documents numériques

1- Introduction

Après avoir présenté, dans le précédent chapitre, la conception de la table interactive TIAM basée sur la réalité mixte, nous entamons, dans ce chapitre, la réalisation de la table.

Cette partie met en évidence les différents choix techniques (choix du langage, Framework, outils matériels, ...) qui entrent en jeu pour la réalisation de notre système.

Pour valider notre prototype, nous présentons un exemple d'application d'une opération de gestion de documents numérique dans le cadre de la maintenance industrielle.

2- Les besoins techniques

Pour la réalisation de notre système, deux parties essentielles doivent être prises en considération :

2.1- Partie matérielle

Elle est constituée d'un ensemble de ressources destinées à la mise en marche de notre application. Les dispositifs que nous utilisons sont :

- **Un PC portable** qui possède la configuration suivante : Windows xp Service Pack 2, 1Go de RAM, un processeur de 1.73 GHz et une carte graphique de 384MB.
- **Une WEBCAM** utilisée pour capturer le flux vidéo de notre scène réelle. Il s'agit d'une Webcam Logitech 2.0, de résolution 800 x 600, qui peut capturer jusqu'à 30 images par seconde (Figure 56).



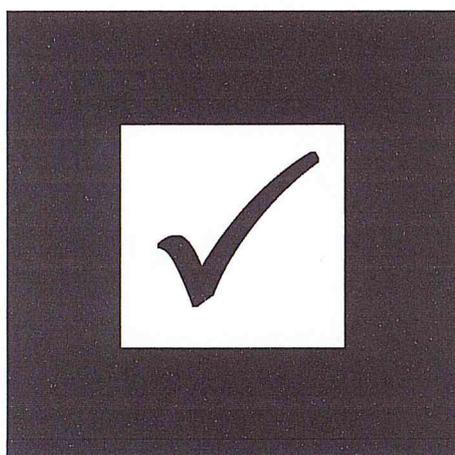
Figure 56 : WEBCAM Logitech 2.0

- **Une table** en bois de forme rectangulaire avec une surface de taille 120 cm × 70 cm.
- **Un vidéo-projecteur** de type EPSON (EMP S1H) (Figure 57). Il est attaché sur un **trépied** à un mètre de haut au dessus de la table.

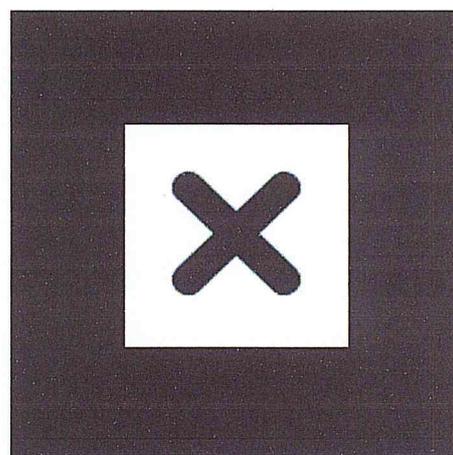


Figure 57 : Vidéo-projecteur EPSON EMP S1H

- **Des marqueurs** utilisés dans le cadre de l'interaction de l'utilisateur avec le système. En fonction des besoins de notre système, nous distinguons deux catégories de marqueurs :
 - **Marqueurs de la table** : Deux types sont utilisés (Figure 58). Il s'agit du :
 - ✓ **Marqueur OK (60mm*60mm)** : Il sert à lancer les fonctionnalités de la table et à exécuter les différentes étapes de calibrage du système.
 - ✓ **Marqueur QUITTER (60mm*60mm)** : Il sert à faire des retours arrière.



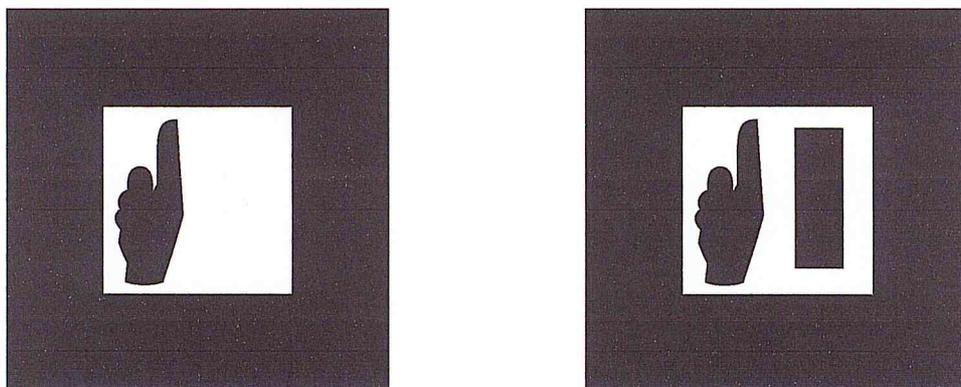
a. Marqueur OK



b. Marqueur QUITTER

Figure 58 : Marqueurs utilisés pour la table en dimension réelle

- **Marqueurs du stylet** : Deux types sont utilisés (Figure 59). Il s'agit du :
 - ✓ **Marqueur1 du stylet (50mm*50mm)** : Il sert à faire des sélections et à arrêter quelques événements du système (zoom, déplacement, ... etc.).
 - ✓ **Marqueur2 du stylet (50mm*50mm)** : Il sert à exécuter les différents événements de la table.



a. Marqueur1

b. Marqueur2

Figure 59 : Marqueurs utilisés pour le stylet en dimension réelle

2.2- Partie logicielle

Elle est constituée d'un ensemble d'outils logiciels permettant le développement et la mise en marche de notre système interactif. Les outils logiciels que nous avons utilisés sont :

➤ Environnement de développement

Nous avons utilisé Microsoft Visual Studio 2008 pour Windows. Il est doté d'un Framework « .NET » version 3.5.

➤ Langage de développement

Nous avons utilisé le langage Visual C# pour le développement de notre application. Il s'agit d'un langage dérivé du C++. Il reprend certaines caractéristiques des langages apparues ces dernières années, en particulier le langage JAVA [📖 Leblanc 06].

Ainsi, Visual C# se caractérise par :

- L'orientation d'objets est nettement perceptible, tout doit être incorporé dans des classes.
- La libération automatique des objets.
- La disparition de l'héritage multiple mais possibilité pour une classe d'implémenter plusieurs interfaces.
- Nouvelle manière d'écrire des boucles avec l'instruction *foreach* qui permet de balayer aisément tableaux et collections.
- Types précisément conformes à l'architecture .NET et vérifications de type plus élaborées.

➤ **SGBD**

Le Système de Gestion de Bases de Données que nous avons utilisé est SQL Server. Ce choix est justifié par sa facilité d'utilisation avec le langage de développement C#.NET. Ce dernier offre un accès direct et donc rapide au SGBD. Pour notre application nous avons opté pour la version SQL Server 2005.

➤ **Utilitaire graphique : DirectX**

Microsoft DirectX est une collection de bibliothèques proposée par Microsoft, destinées à la programmation d'applications multimédia. Plus particulièrement de jeux ou de programmes faisant intervenir de la vidéo, sur les plateformes Microsoft (Xbox, systèmes d'exploitation Windows). À l'origine le nom de chacune de ces bibliothèques commençait par Direct, par exemple : Direct3D, DirectDraw, DirectMusic, DirectPlay, DirectSound et ainsi de suite. DirectX étant le nom générique faisant référence à l'ensemble de ces technologies [ Wikipédia, url].

Pour notre cas nous avons utilisé DirectX version 9.

3- Mise en marche de notre système « TIAM »

En s'appuyant sur les pré-requis techniques cités précédemment, nous avons réalisé une Table Interactive pour l'Aide à la Maintenance.

L'objectif de la table proposée est d'aider le technicien à effectuer des opérations de maintenance en lui proposant une solution efficace qui lui permet de visualiser, de rechercher et de manipuler la documentation d'une façon simple et conviviale.

Le tableau suivant montre la configuration de notre table interactive TIAM, ainsi que ses propriétés :

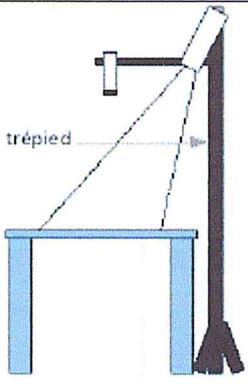
TIAM	
Fixation	Trépied
Distance de projection	Longue
Transport	Oui
Table	Ordinaire

Tableau 7 : Configuration de TIAM

La Figure suivante montre la plateforme matérielle du système TIAM :

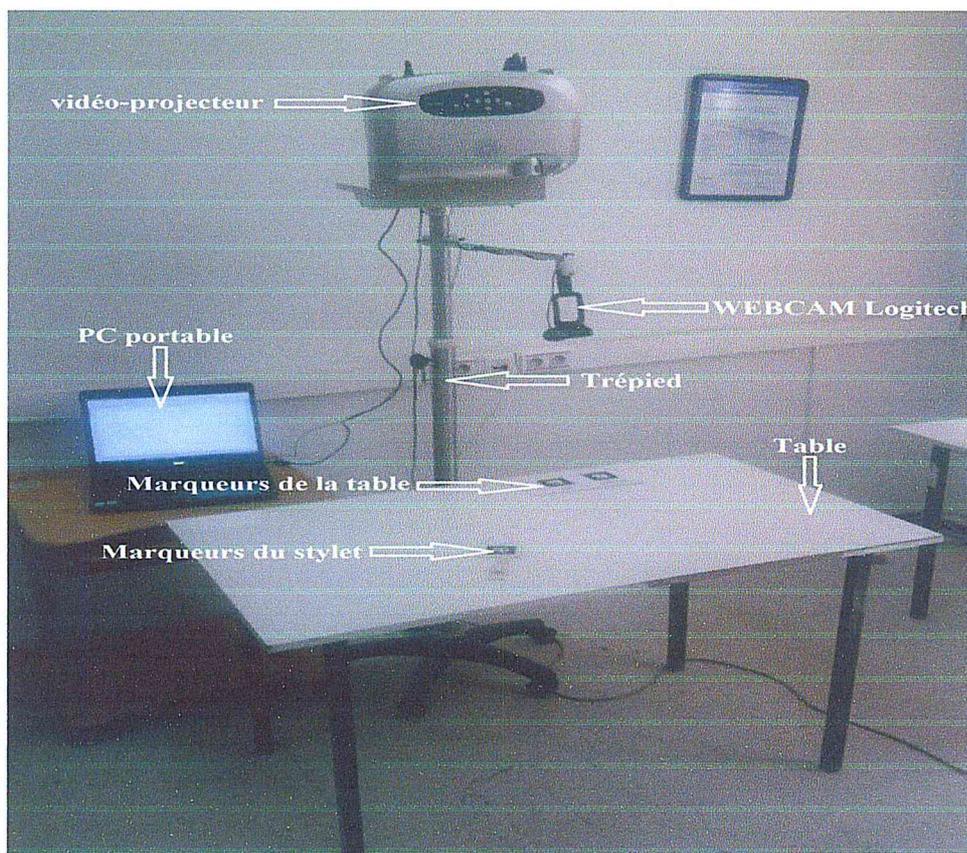


Figure 60 : Plateforme matérielle de TIAM

3.1- Interface principale :

La figure suivante montre l'interface principale de notre table interactive TIAM :



Figure 61 : Interface principale de TIAM

3.2- Phase de calibrage

Le premier problème qui se pose au niveau de notre table interactive est une mise en correspondance précise de la position d'un point capturé par la caméra avec sa position sur la table. Pour résoudre ce problème, une phase de *calibrage du système* est indispensable. Ceci pour les raisons suivantes :

- Les objectifs de la caméra et du vidéo-projecteur possèdent deux points de vue différents même si ces deux dispositifs sont rapprochés. Il en résulte deux images de forme différente.
- La zone de projection est déformée (forme en trapèze). Ceci est dû au désaxage du vidéo-projecteur par rapport au centre de la table, et à l'angle donné au vidéo-projecteur, lors de l'utilisation d'un trépied.
- Les changements de configuration des dispositifs dûs aux vibrations, ou au changement d'emplacement du vidéo-projecteur ou de la caméra.

En conséquence, il convient d'appliquer régulièrement *un algorithme de calibrage* (Voir l'annexe) dont le but principal est la rectification des coordonnées (Figure 63).

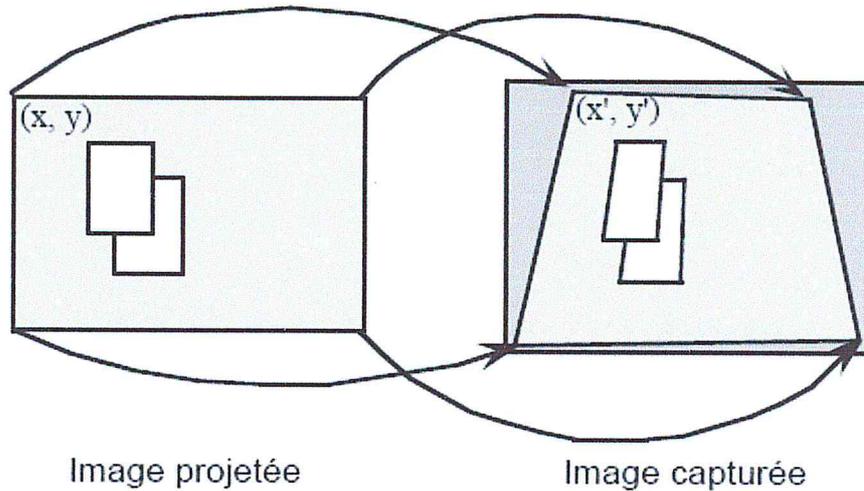
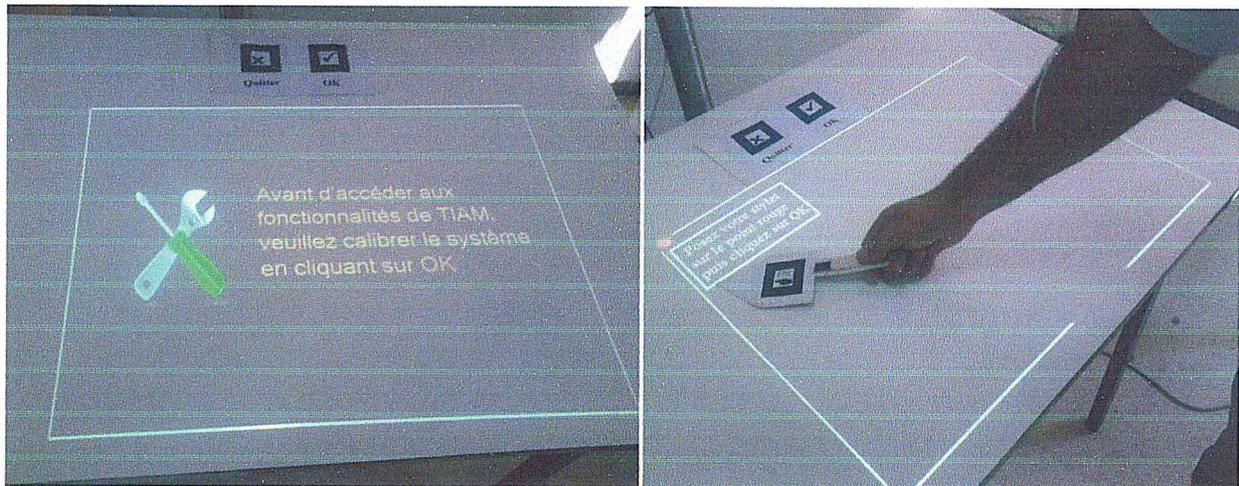


Figure 62 : Calibrage de la caméra sur l'image projetée

La Figure suivante montre les différentes étapes de calibrage du système TIAM :



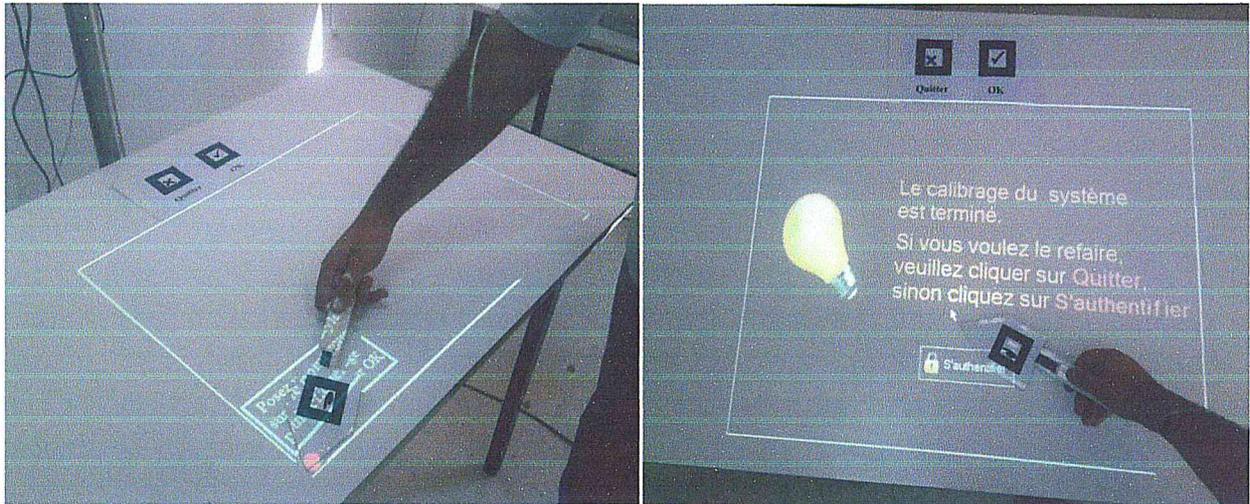


Figure 63 : Calibrage de TIAM

3.3- Illustration de notre application

Dans ce qui suit, on va présenter un des scénarios d'utilisation de notre système TIAM qui se résume dans les démarches suivantes :

- Tout d'abord l'utilisateur doit calibrer le système.
- Par la suite, il doit s'authentifier en introduisant son login et son mot de passe (Figure 64) :

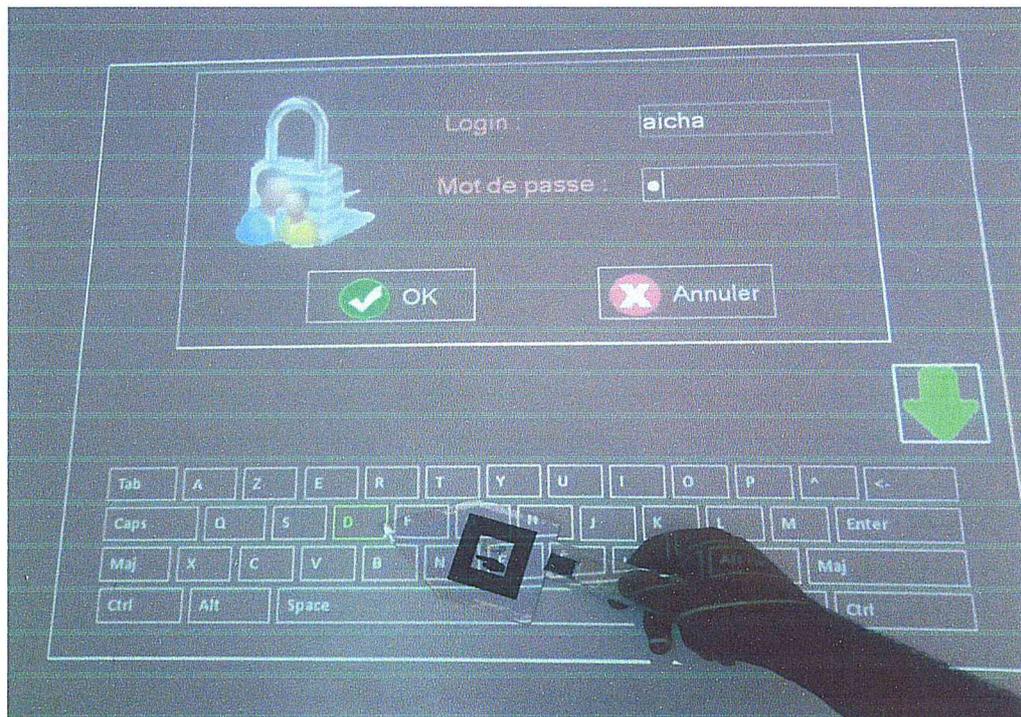


Figure 64 : Interface d'authentification de TIAM

- Dans ce cas, trois types d'interfaces sont mise en œuvre, une interface « technicien / technicien qualifié / utilisateur simple », une interface « chef d'équipe » et une autre « administrateur » (Figure 65) :

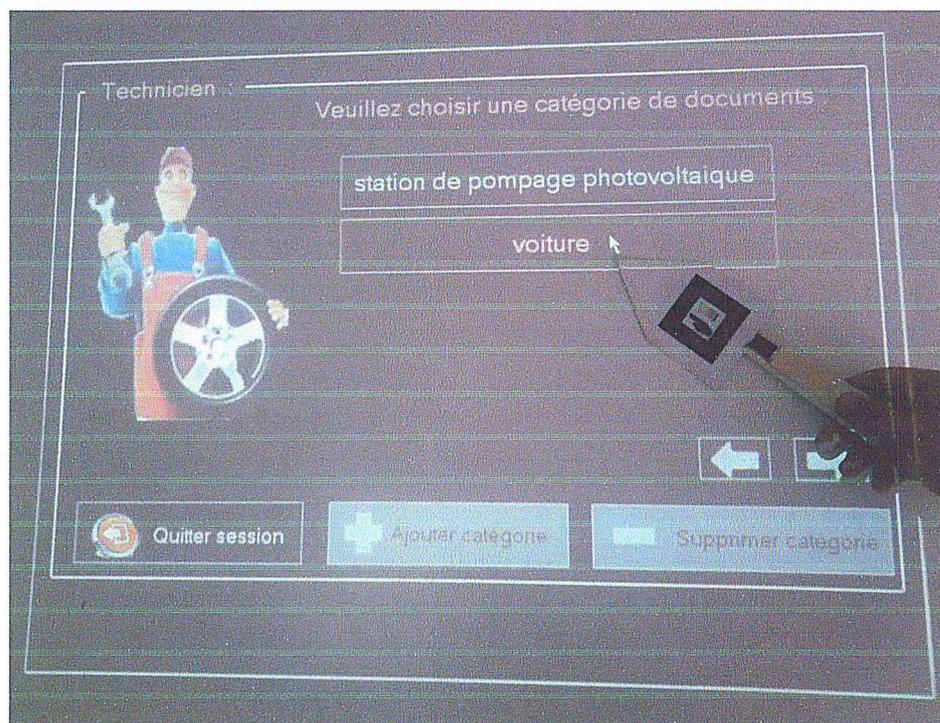
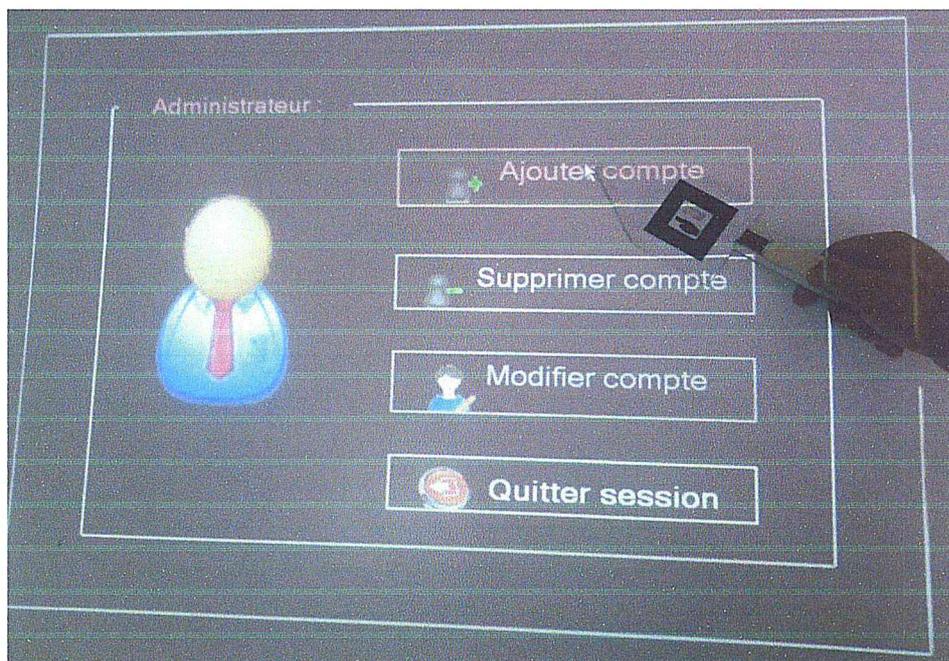




Figure 65 : Interfaces des différents utilisateurs de TIAM

Dans ce qui suit, on considère un utilisateur est un *technicien qualifié* :

- Une fois le *technicien qualifié* accède à sa session, il choisit une catégorie de documents.
- La liste des documents de la catégorie choisie s'affiche au *technicien qualifié*, ce dernier va sélectionner un document pour le consulter, comme il peut le rechercher en saisissant des mots-clé (Figure 66) :

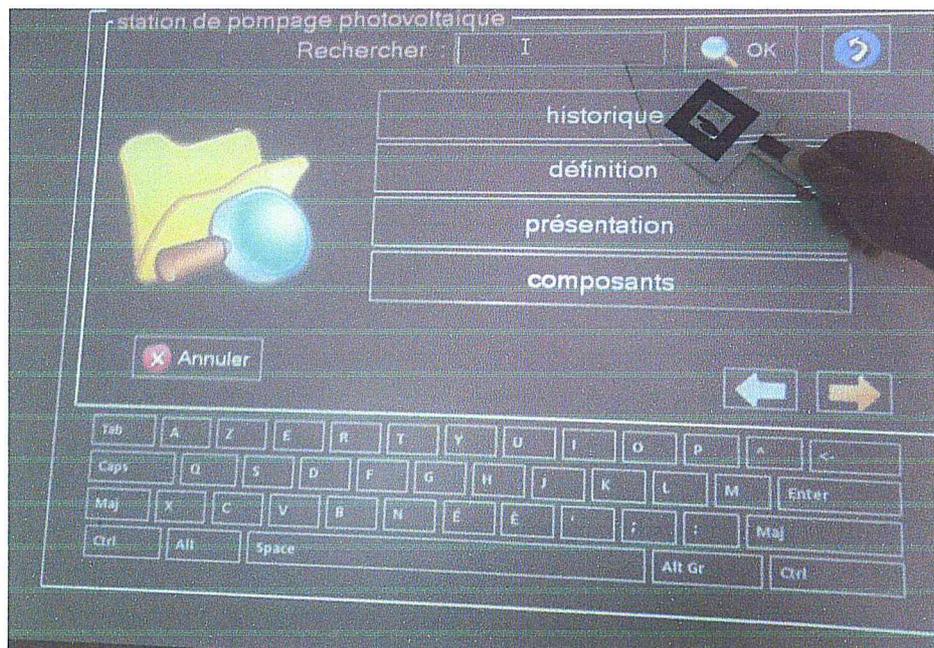


Figure 66 : Interface de choix et de recherche d'un document

➤ Une fois le document est affiché au *technicien qualifié*, il peut le zoomer, le déplacer, l'afficher en mode pleine table,... etc.

La figure suivante montre les différentes étapes du zoom d'un document :

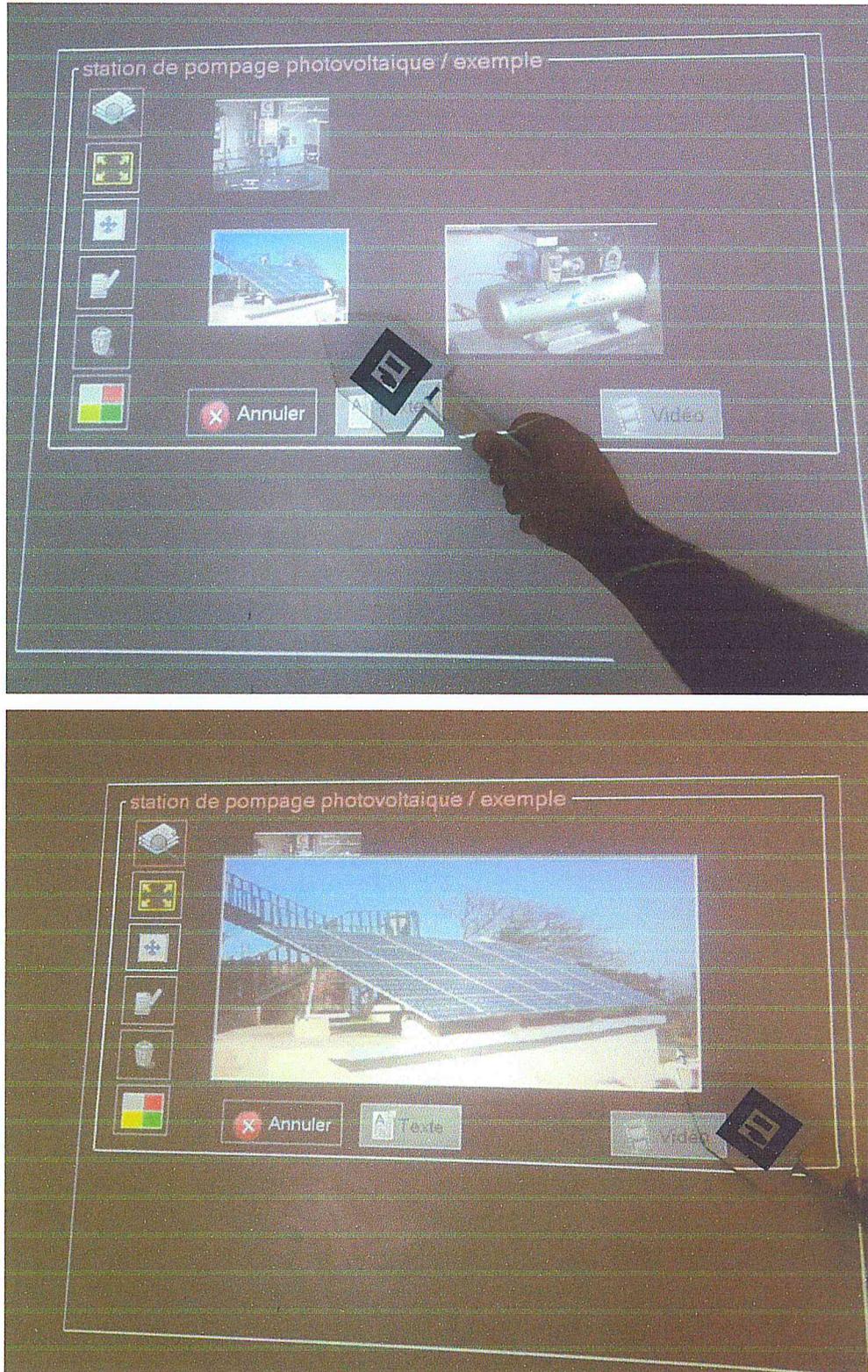


Figure 67 : Zoom d'un document

- Le *technicien qualifié* peut modifier un document, comme il est montré sur la figure suivante :

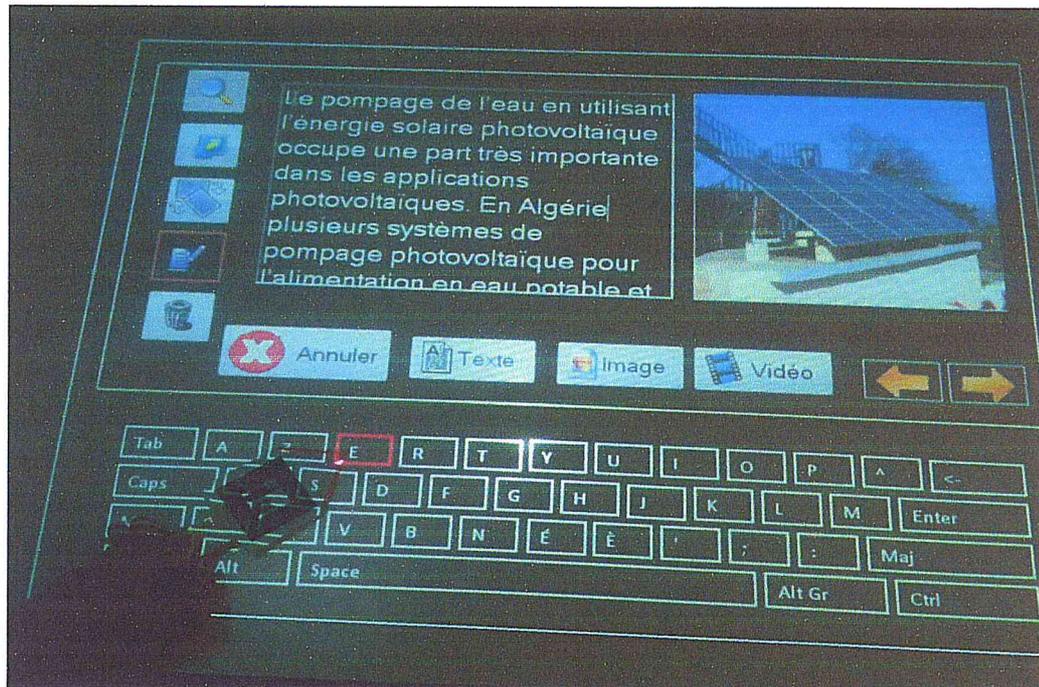


Figure 68 : Modification d'un document

- Le *technicien qualifié* peut à tout moment quitter sa session.

4- Conclusion

Nous avons présenté à travers ce chapitre la Table Interactive pour Aide à la Maintenance TIAM que nous avons développé en basant sur la réalité mixte.

Nous avons présenté dans un premier temps les technologies utilisées, ainsi que l'environnement de développement de notre système.

Dans un second temps, nous avons présenté le fonctionnement de notre application en commençant par la phase de calibrage du système. Par la suite nous avons illustré des exemples d'application réelle sur des documents numériques.

Nous pouvons conclure que la mise en œuvre de notre application présente des résultats satisfaisants. La table interactive réalisée apporte une aide considérable au technicien pour la manipulation, la recherche et la visualisation de la documentation. Ceci lui permettra d'accomplir sa tâche le plus favorablement possible.

Notre table interactive démarque par sa diversité et sa flexibilité. En effet, elle peut être adaptée à n'importe quelle application de maintenance industrielle.

Conclusion générale

La maintenance des systèmes industriels est l'une des fonctions importantes pour améliorer la productivité des machines et garantir la qualité des produits et services. Ceci contribue d'une manière significative à la performance globale de l'entreprise.

En plus, les moyens informatiques mis en œuvre ces dernières années apportent leur aide à la mise en place d'une meilleure politique de maintenance, ce qui a permis la mutation de l'activité de maintenance vers la E-maintenance. Cette dernière est alors l'intersection de différentes composantes dans le but de permettre au personnel technique d'accéder à distance à des outils intelligents.

Dans ce cadre, un projet initié par le Centre de Développement des Technologies Avancées CDTA a été lancé pour établir une plateforme de E-maintenance qui donnera vie à cette pratique.

Notre travail s'insère donc dans les objectifs de cette plateforme, où la tâche principale est de concevoir et de réaliser une table interactive pour la gestion des documents numériques.

Nous nous sommes, ainsi, basés sur le nouveau paradigme de la réalité mixte qui joue un rôle déterminant (aide et assistance de l'opérateur) pendant la phase de réparation.

Dans la partie théorique de ce présent mémoire, nous avons commencé par la présentation des systèmes interactifs mixtes et les aspects de la maintenance industrielle. Ensuite, nous nous sommes penchés sur la conception de notre projet en suivant le processus 2TUP (méthode en Y) et passant par la plupart de ses aspects pour aboutir à la réalisation de l'application.

Enfin, nous avons réalisé une table interactive (TIAM) pour la gestion des documents numériques dans le cas de la maintenance.

Même si l'objectif de notre travail a été globalement atteint, il faut cependant rappeler que cette application est amenée à évoluer et à prendre en compte, en perspectives, les extensions potentielles suivantes :

- Utiliser un algorithme d'auto-calibrage qui s'applique régulièrement et rapidement et qui ne nécessite pas l'intervention explicite de l'utilisateur.

- Développer nos propres méthodes de recalage réel / virtuel basées sur des techniques de vision sans utiliser les marqueurs d'ARToolkit.
- Adopter une approche incrémentale, nous avons restreint l'analyse au suivi d'un seul objet. Il faudra étendre nos résultats au suivi de plusieurs objets en parallèle : cas des deux mains travaillant simultanément à la manipulation d'objets réels ou virtuels.

Annexe

1- Processus de développement logiciel

Beaucoup de questions peuvent se poser à un chef de projet lors d'un démarrage de projet :

- *Comment vais-je organiser les équipes de développement ?*
- *Quelles tâches attribuer à qui ?*
- *Quel temps faudrait-il pour livrer le produit ?*
- *Comment faire participer le client au développement afin de capter les besoins de celui-ci?*
- *Comment éviter des dérives et de mauvaises estimations qui vont allonger les coûts et le temps de développement ?*
- *Comment vais-je procéder pour que le produit soit évolutif et facilement maintenable ?*

Pour répondre à toutes ces questions et bien d'autres, on fait appel à *un processus de développement* qui définit, *qui fait quoi, à quel moment et de quelle façon pour atteindre un certain objectif.*

1.1- Définition

Un processus de développement définit une séquence d'étapes, en partie ordonnées, qui concourent à l'obtention d'un système logiciel ou à l'évolution d'un système existant. Son objectif est de produire des logiciels de qualité qui répondent aux besoins de leurs utilisateurs dans des temps et des coûts prévisibles [📖 Roques 04] (Figure 1).

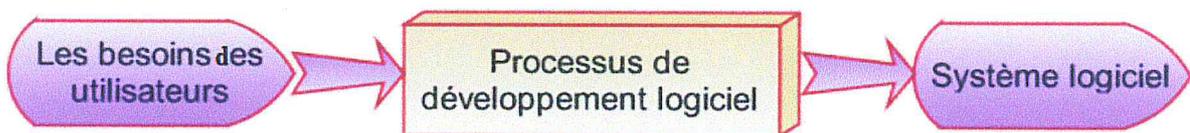


Figure 1 : Un processus de développement logiciel

Nous pouvons citer à ce propos les processus de développement logiciel suivants : 2TUP, RUP, XP, AUP, ... etc.

1.2- Le processus 2TUP

La méthode 2TUP ou l'approche en Y est l'acronyme de «2 Track Unified Process», créée par la société *Valtech*.

Il se base lui-même sur le Processus Unifié (*Unified Process*) qui est devenu un standard général réunissant les meilleures pratiques de développement.

Le processus 2TUP apporte une réponse aux contraintes de changement continu imposées aux systèmes d'information de l'entreprise. En ce sens, il renforce le contrôle sur les capacités d'évolution et de correction de tels systèmes.

«2 Track» signifie littéralement que le processus suit deux chemins. Il s'agit des «*chemins fonctionnels*» et «*d'architecture technique*», qui correspondent aux deux axes de changement imposés au système d'information (Figure 2).

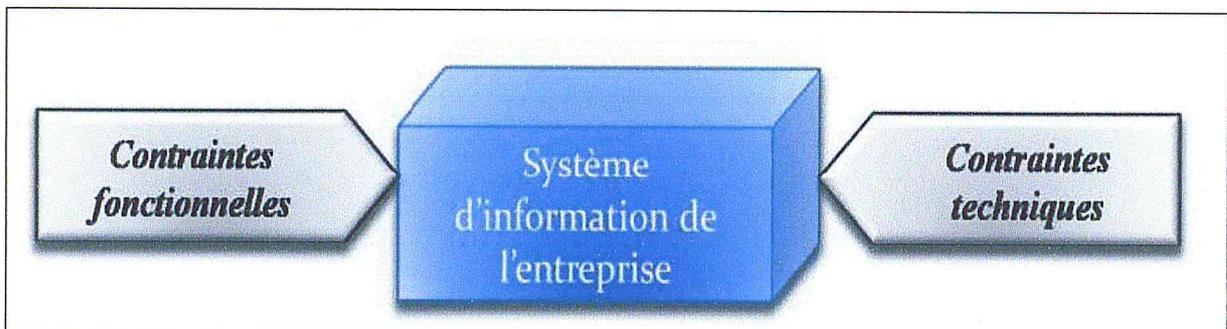


Figure 2 : Contraintes sur un SI

L'idée majeure du 2TUP est que toute évolution du système d'information peut se décomposer et se traiter parallèlement, suivant un *axe fonctionnel* et un *axe technique*.

A l'issue des évolutions du modèle fonctionnel et de l'architecture technique, la réalisation du système consiste à fusionner les résultats des deux branches. Ce qui conduit à l'obtention d'un processus de développement en forme de Y.

➤ Le Déroulement du processus 2TUP

Le déroulement du processus 2TUP est résumé dans la figure suivante :

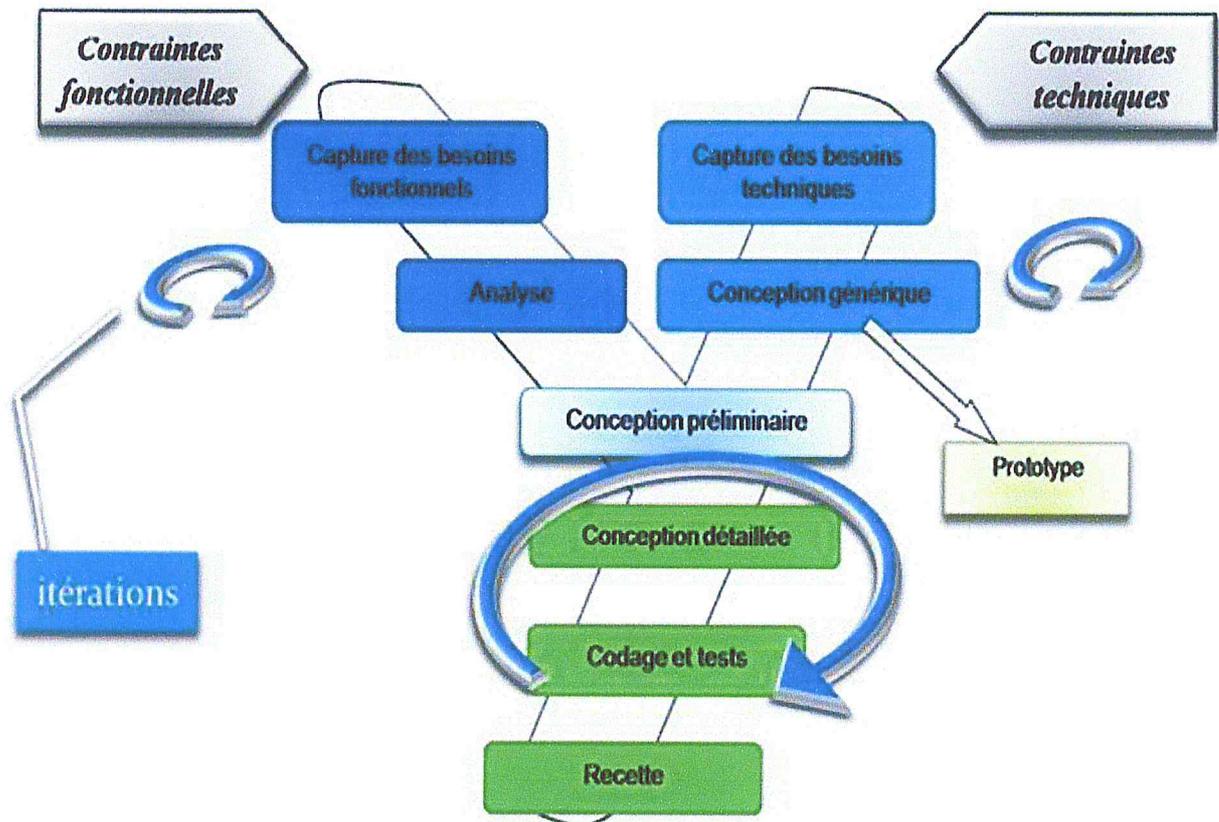


Figure 3 : Le processus de développement en Y de la méthode 2TUP

- **La branche gauche (fonctionnelle)**

La branche fonctionnelle capitalise la connaissance du *métier* de l'entreprise. Elle constitue généralement un investissement pour le moyen et le long terme. Les fonctions du système d'information sont en effet indépendantes des technologies utilisées.

Cette branche comporte les étapes suivantes :

- **La capture des besoins fonctionnels** : Qui produit un modèle des besoins, focalisé sur le métier des utilisateurs. Elle qualifie au plus tôt le risque de produire un système inadapté aux utilisateurs. De son côté la maîtrise d'œuvre, consolide les spécifications et vérifie la cohérence et l'exhaustivité de l'analyse.
- **L'analyse** : Consiste à étudier précisément la spécification fonctionnelle de manière à obtenir une idée de ce que va réaliser le système en matière de métier. Les résultats d'analyse ne dépendent d'aucune technologie particulière.

- **La branche droite (architecture technique)**

La branche technique capitalise un savoir-faire technique. Elle constitue un investissement pour le court et moyen terme. Les techniques développées pour le système peuvent être en effet indépendantes des fonctions à réaliser.

Cette branche comporte les étapes suivantes :

- **La capture des besoins techniques** : Qui recense toutes les contraintes et les choix dimensionnant la conception du système. Les outils et les matériels sélectionnés ainsi que la prise en compte de contraintes d'intégration avec l'existant conditionnent généralement des pré-requis d'architecture technique.

- **La conception générique** : Qui définit les composants nécessaires à la conception de l'architecture technique. Cette conception est la moins dépendante possible des aspects fonctionnels. Elle a pour objectif d'uniformiser et de réutiliser les mêmes mécanismes pour tout le système. L'architecture technique construit le squelette du système informatique et écarte la plupart des risques de niveau technique. L'importance de sa réussite est tel qu'il est conseillé, de réaliser un prototype pour assurer sa validité.

- **La branche du milieu**

A l'issue des évolutions du modèle fonctionnel et de l'architecture technique, la réalisation du système consiste à fusionner les résultats des deux branches. Cette fusion conduit à l'obtention d'un processus en forme de Y.

Cette branche comporte les étapes suivantes :

- **La conception préliminaire** : Qui représente une étape délicate, car elle intègre le modèle d'analyse dans l'architecture technique de manière à tracer la cartographie des composants du système à développer.

- **La conception détaillée** : Qui étudie ensuite comment réaliser chaque composant.

- **L'étape de codage** : Qui produit ces composants et teste au et à mesure les unités de code réalisées.

- **La phase de recette** : Qui consiste enfin à valider les fonctions du système développé.

2- Le Langage de modélisation UML

UML est l'acronyme de «Unified Modeling Language», il se définit comme un langage de modélisation graphique et textuel destiné à comprendre et décrire des besoins, spécifier, concevoir des solutions et communiquer des points de vue [📖 Pitone, Pitman 06].

UML unifie à la fois les notations et les concepts orientés objet. Il ne s'agit pas d'une simple notation, mais les concepts transmis par un diagramme ont une sémantique précise et sont porteurs de sens au même titre que les mots d'un langage, c'est pour ça qu'UML est présenté parfois comme une méthode alors qu'il ne l'est absolument pas.

UML unifie également les notations nécessaires aux différentes activités d'un processus de développement et offre, par ce biais, le moyen d'établir le suivi des décisions prises, depuis la définition des besoins jusqu'au codage [📖 Roques 06].

Voici une présentation rapide des différents diagrammes UML qui vont être utilisés tout au long de notre projet :

- **Le diagramme des cas d'utilisations** : représente la structure des fonctionnalités nécessaires aux utilisateurs du système. Il est normalement utilisé lors des étapes de capture des besoins fonctionnels et techniques.
- **Le diagramme de classes** : sûrement l'un des diagrammes les plus importants dans un développement orienté objet. Sur la branche fonctionnelle, ce diagramme est prévu pour développer la structure des entités manipulées par les utilisateurs. En conception, le diagramme de classes représente la structure d'un code orienté objet.
- **Le diagramme de séquence** : représente les échanges de messages entre objets, dans le cadre d'un fonctionnement particulier du système.

3- Diagramme de séquence « Zoomer un document »

Dans ce qui suit, on va détailler les fonctions **OnMarkerMove** et **Zoomer** du diagramme de séquence « **Zoomer un document** », pour cela :

- On suppose que le zoom sera effectuée sur un objet virtuel de type **Texte2D**;
- Soit $P(x_P, y_P)$ l'image par rapport à la caméra d'un point choisi du marqueur du stylet ;
- Soit $P'(x_{P'}, y_{P'})$ le point correspondant au point P après le calibrage du système;
- Soit $db(x_{db}, y_{db})$ le point droit-bas de l'objet virtuel **Texte2D** ;
- Soit **test** une variable booléenne initialisée à **false** ;

De ce fait, on aura le diagramme de séquence suivant :

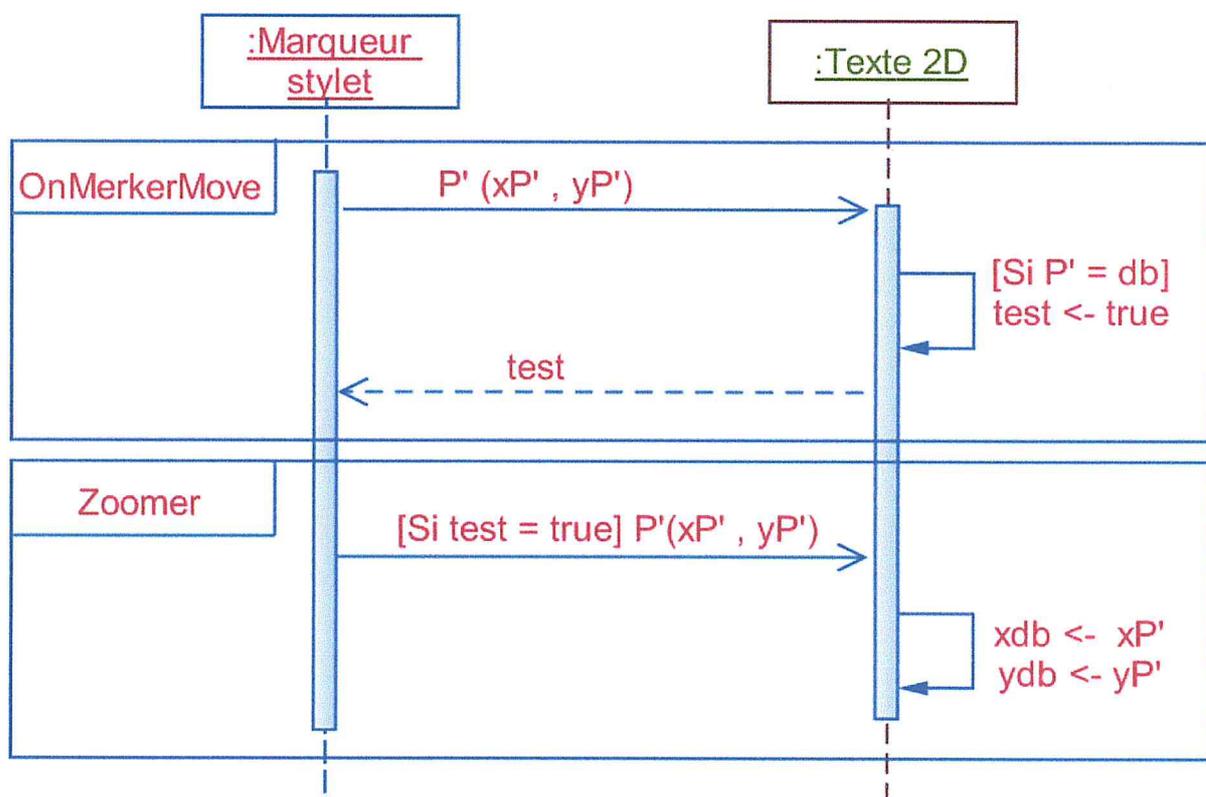


Figure 4 : Diagramme de séquence des fonctions "OnMarkerMove" et "Zoomer"

NB : Pour le zoom d'une **Image 2D**, on aura le même diagramme de séquence mais au lieu de mettre **Texte 2D**, on aura **Image 2D**.

4- Diagramme de séquence « Déplacer un document »

Dans ce qui suit, on va détailler les fonctions **OnMarkerMove** et **Déplacer** du diagramme de séquence « **Déplacer un document** », pour cela :

- On suppose que le zoom sera effectuée sur un objet virtuel de type **Image2D**;
- Soit $P(xP, yP)$ l'image par rapport à la caméra d'un point choisi du marqueur du stylet ;
- Soit $P'(xP', yP')$ le point correspondant au point P après le calibrage du système;
- Soit $gh(xgh, ygh)$ le point gauche-haut de l'objet virtuel **Image2D** ;
- Soit **test** une variable booléenne initialisée à **false** ;
- Soit **Image 2D.Location** la localisation de l'objet virtuel **Image 2D** sur la table ;

De ce fait, on aura le diagramme de séquence suivant :

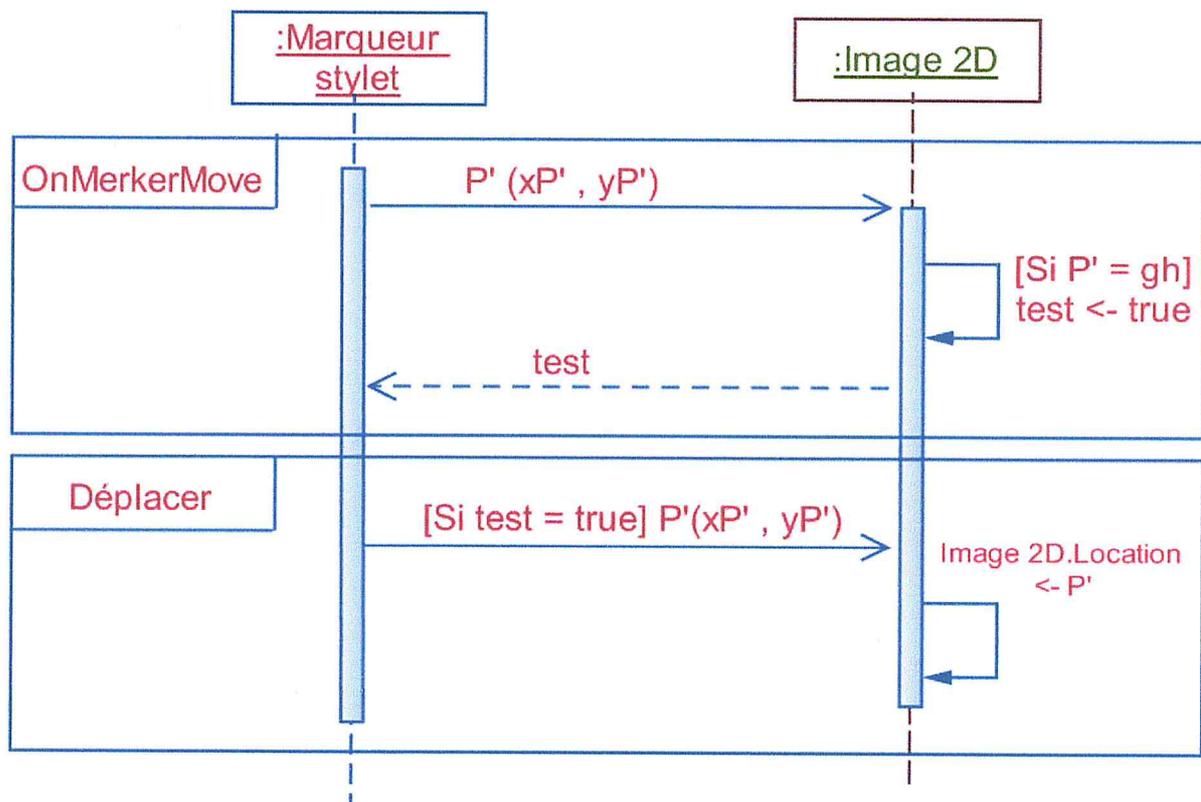


Figure 5 : Diagramme de séquence des fonctions "OnMarkerMove" et "Déplacer"

NB : Pour le déplacement d'un **Texte 2D**, on aura le même diagramme de séquence mais au lieu de mettre **Image 2D**, on aura **Texte 2D**.

5- Correspondance entre les fichiers d'un document et les objets virtuels qui les représentent

Le diagramme de séquence suivant (Figure 6) nous montre comment faire la correspondance entre les fichiers d'un document et les objets virtuels qui les représentent, sachant que :

- Un fichier de type **Texte** est représenté par l'objet virtuel **Texte 2D** ;
- Un fichier de type **Image** est représenté par l'objet virtuel **Image 2D** ;
- Un fichier de type **Vidéo** est représenté par l'objet virtuel **Vidéo 2D** ;

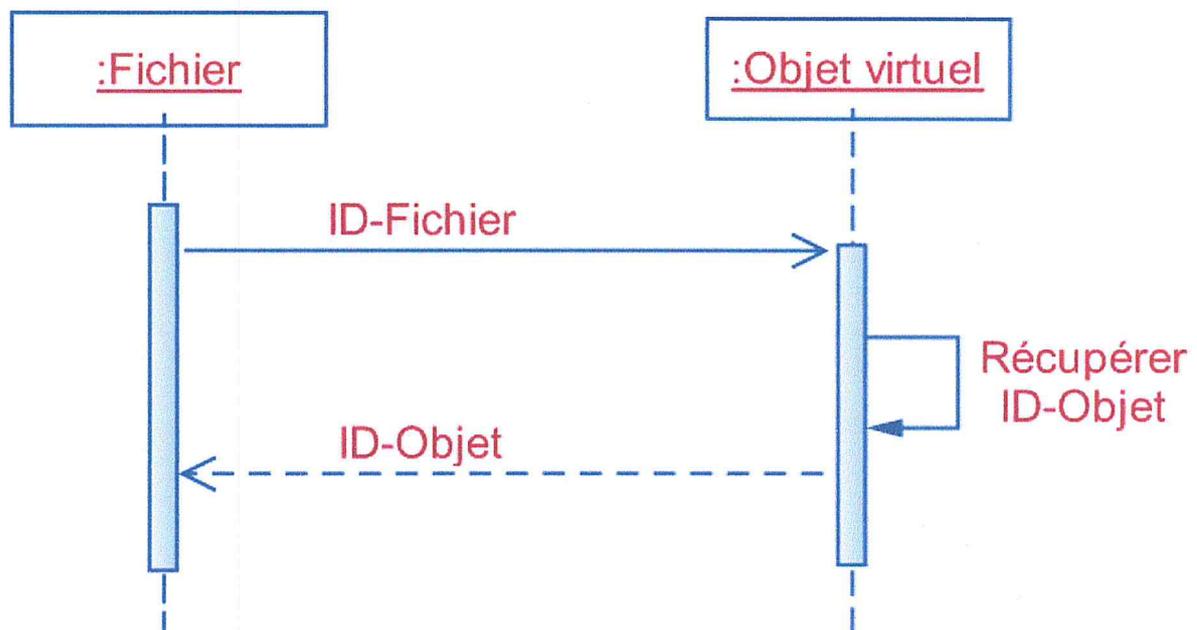


Figure 6 : Diagramme de séquence montrant la correspondance entre un fichier d'un document et les objets virtuels qui le représentent

6- L'algorithme de calibrage

Nous avons développé un algorithme qui permet le calibrage du système et la rectification des coordonnées d'un point de l'image capturée.

L'algorithme est utilisé de sorte que :

- Un point P représente la position d'un point quelconque dans l'image capturée.
- Quatre points A, B, C, D représentent une zone déformée qui a été pointée dans l'image capturée.

L'algorithme calcule alors le point P' qui correspond au point P après rectification des coordonnées dans une zone rectangulaire A', B', C', D' (Figure 4). Le rectangle A', B', C', D' correspond à la zone avant qu'elle ne soit déformée en A, B, C, D par la caméra.

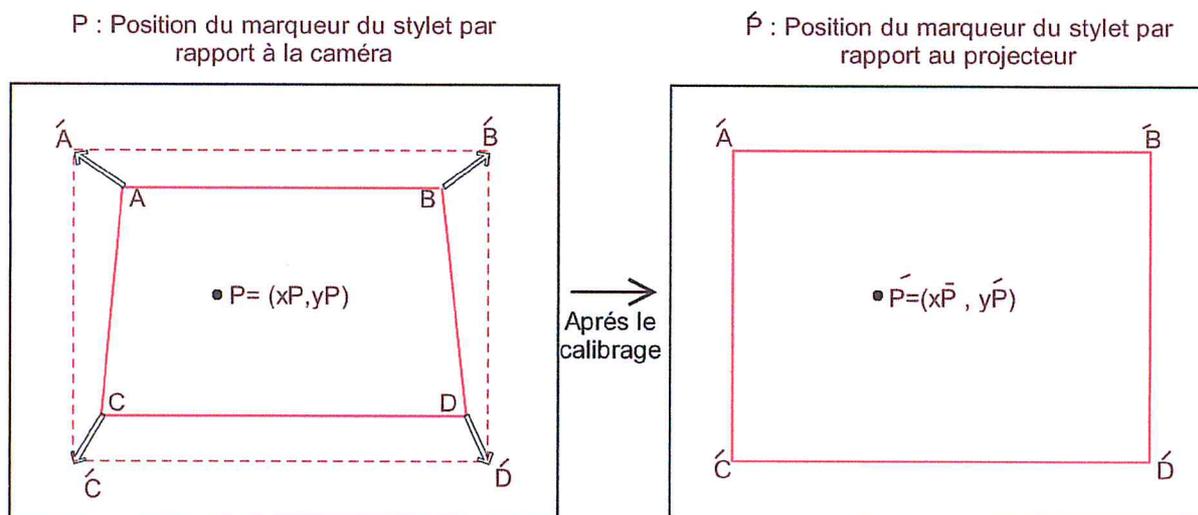


Figure 7 : Méthode pour rectifier les coordonnées des points

Les étapes de l'algorithme développé se résument dans ce qui suit :

- Il consiste à projeter dans chaque coin de la table un point, et à le localiser sur l'image captée par la caméra :
 - Soient A, B, C, D les quatre points projetés, on calcule alors les coordonnées de ces derniers par rapport au vidéo-projecteur.
 - En utilisant une caméra de résolution 800*600, le calcul se fait de la façon suivante :

$$\begin{aligned}x A' &= 800 - (800 / x_A) \\y A' &= 600 - (600 / y_A)\end{aligned}$$

NB :

- x_A et y_A sont les abscisses et les ordonnées respectivement du point A par rapport à la caméra.
 - La même formule est utilisée pour calculer les coordonnées des points B' et C'.
- Par la suite, l'algorithme calcule les distances d_1 , d_2 , d_3 et d_4 qui vont être utilisées pour la rectification des coordonnées du point P.
- d_1 , d_2 , d_3 et d_4 se calculent de la façon suivante :

$$\begin{aligned}d_1 &= y_{A'} \\d_2 &= x_{A'} \\d_3 &= 800 - x_{B'} \\d_4 &= 600 - y_{C'}\end{aligned}$$

- Enfin les coordonnées du point P' sont calculés comme suit :

$$\begin{aligned}x_{P'} &= (x_P * 800) / (800 - d_3 - d_2) - d_2 \\y_{P'} &= (y_P * 600) / (600 - d_1 - d_4) - d_1\end{aligned}$$

NB : x_P et y_P sont les abscisses et les ordonnées respectivement du point P par rapport à la caméra.

Références bibliographiques

- [📖] **Afnor 01] :** Norme AFNOR NF EN 13306, "Terminologie de la maintenance" (ancienne norme NF X60-010), Ed. Afnor, Paris, 2001.
- [📖] **Azuma 97] :** Azuma R.T. A Survey of Augmented Reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments (Special Issue on Augmented Reality)*, August 1997, 6 (4), pp. 355-385.
- [📖] **Bahlouli 10] :** Aziza BAHLOULI, Système d'Information Documentaire (Plateforme de e-Maintenance des Systèmes Solaires Photovoltaïques du CDER), projet de fin d'étude de l'Université de Blida, Alger, 2010.
- [📖] **Bangemann et al 06] :** Bangemann T., Rebeuf X., Reboul D., Schulze A., Szymanski J., Thomesse J.-P., Thron M., Zerhouni N., "PROTEUS - Creating distributed maintenance systems through an integration platform", *Computers in Industry*, 57 (6), pages 539-551, 2006.
- [📖] **Bressy et al 05] :** Bressy P., Zerhouni N., Allemand C., Leger J.-B., "Application du concept d'e-maintenance à un système naval de défense : NEMOSYS", 2e Colloque international francophone sur la Performance et les Nouvelles Technologies en Maintenance (PENTOM'05), Marrakech, Maroc, 2005.
- [📖] **CDTA 10] :** A. Bellarbi, S. Benbelkacem, S. Malek, N. Zenati-Henda, CDTA, "*Amélioration des performances d'ARToolKit pour la réalisation d'applications de réalité augmentée*", International Conference on the Image and Signal Processing and their Applications (ISPA'10) Biskra, Algérie, 12/2010.
- [📖] **CDTA 11] :** A. Bellarbi, S. Benbelkacem, N. Zenati-Henda, S. Malek, CDTA, M. Belhocine, "*i-ARToolkit, an Improved Augmented Reality System Based on ARToolkit*", Article accepté à International Conference on Image Processing and Computer Vision IPCV'11, Las Vegas, USA, 07/2011.
- [📖] **Derdalab 09] :** ETUDE DERDALAB « GED et gestion de contenu : Marche, Besoins, et Tendances 2009 » parution décembre 2009
- [📖] **Dynamite 05] :** DYNAMITE "Dynamic Decisions in Maintenance", FP6 Integrated Project IP 017498 of the European Commission, 6th Framework programme for Research and Technological Development, 2005-2009.

- [ **Garcia et al 04**] : Garcia E., Guyennet H., Lapayre J. C., Zerhouni N., "A new industrial cooperative telemaintenance platform", *Computers & Industrial Engineering*, 46 (4), pages 851-864, 2004.
- [ **GRAM 96**] : Groupe de Recherche des Arts Médiatiques. *Dictionnaire des arts médiatiques*, GRAM, Université du Québec à Montréal, 1996. on-line : <http://www.comm.uqam.ca/~GRAM/>
- [ **Kato 00**] : H. Kato, M. Billinghamurst, I. Poupyrev, K. Imamoto, et K. Tachibana (2000). Virtual object manipulation on a table-top ar environment. Dans *Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality (ISAR 2000)*, pages 111–119, Munich, Germany.
- [ **Leblanc 06**] : Gérard Leblanc, C# et .NET Version2, Edition Eyrolles, 2006. 878 pages.
- [ **Lee et al 06**] : Lee J., Ni J., Djurdjanovic D., Qiu H., Liao H., "Intelligent prognostics tools and emaintenance", *Computers in Industry*, 57 (6), pages 476-489, 2006.
- [ **Levrat et al 06**] : Levrat E., Salzemann B., Clanché F., Bron J.Y., "TELMA Plate-forme d'intégration de télémaintenance pour l'enseignement et la recherche", *Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes (J3eA)*, 5 (HS 2), 2006.
- [ **Lung et al 06**] : Iung B., Crespo Marquez A., Editorial "Special issue on e-maintenance", *Computers in Industry*, 57 (6), pages 473-475, 2006.
- [ **Muller et al 08**] : Muller A., Crespo Marquez A., Iung B., "On the concept of e-maintenance: review and current research", *Reliability Engineering and System Safety*, 93 (8), pages 1165-1187, 2008.
- [ **Milgram 94a**] : Milgram P., Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. In *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol E77-D, n° 12, December 1994. Available from Internet
:http://gypsy.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html
- [ **Milgram 94b**] : Milgram P., Takemura H., Utsumi A., Kishino F. Augmented Reality : a class of displays on the reality-virtuality continuum. In *SPIE, Telem manipulator and*

- [ **Tatem 04**] : TATEM "Technologies and Techniques for New Maintenance Concepts", FP6 Integrated Project IP 502909 of the European Commission, 6th Framework programme for Research and Technological Development, 2004-2008.
- [ **Trevisan 03**] : Trevisan D., Vanderdonckt J., Macq B. Model-Based Approach and Augmented Reality Systems. In Jacko J. & Stephanidis C. (Eds), *Human-Computer Interaction Theory and Practice*, Proc. of HCI International, 22-27 June 2003, Crete, Greece, London : Lawrence Erlbaum Associates, 2003, vol. 1, pp. 1273-1277.
- [ **Trevisan 04**] : Trevisan D., Vanderdonckt J., Macq B. Designing Interaction Space for Mixed Reality Systems. In *Proc. of the Workshop MIXER'04*, Funchal, Madeira, January 13, 2004, CEUR Workshop Proceedings, ISSN 1613-0073, online: CEUR-WS.org/Vol-91/paperD5.pdf
- [ **Vallino 98**] : J.R. Vallino « Interactive Augmented Reality » PhD thesis, University of Rochester, Rochester, NY, November 1998.
- [ **Wellner 93**]: Wellner P., Mackay W., Gold R. (Ed.) Computer Augmented Environments: Back to the Real World. Special Issue of *Communications of the ACM*, vol. 36, n° 7, July 1993, pp 24-26.
- [ **Wikipédia, url**]: <http://www.wikipedia.org>

Telepresence Technologies, Vol. 2351, 1994.
Available from Internet :
http://gypsy.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/SPIE94/SPIE94.full.html

- [ **Milgram 95**] :
Milgram P., Drascic D., Grodski J.J., Restogi A., Zhai S., Zhou C. Merging Real and Virtual Worlds. In *Proceedings of IMAGINA '95*, Monte-Carlo, Monaco, 1-3 Feb. 1995, pp. 218-230. Available from Internet :
http://gypsy.rose.utoronto.ca/people/david_dir/IMAGINA95/Imagina95.full.html
- [ **Pilone, Pitman 06**] :
Dan pilone, Neil Pitman, UML 2.0 en concentré, Edition O'reilly, 2005. 222 pages
- [ **Renevier 04**] :
Renevier P. Systèmes Mixtes Collaboratifs sur Supports Mobiles : Conception et Réalisation. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier – Grenoble I, 28 juin 2004. 220 pages.
- [ **Robert 04**] :
Ouvrage collectif sous la direction de Rey-Debove J., Rey A., Le Petit Robert, Dictionnaire de la langue française, Ed. Dictionnaires Le Robert (1e édition de 1967), Paris, ISBN 2-85036-976-4, 2004.
- [ **Roques 04**] :
P. Roques et F. Vallée, "UML 2 En Action", Edition Eyrolles, 2004.
- [ **Roques 06**] :
P. Roques, "UML 2 en pratique", Edition Eyrolles, 2006.
- [ **Seguy 08**] :
Seguy Anne, Décision collaborative dans les systèmes : Application à l'é-maintenance, THÈSE En vue de l'obtention du DOCTORAT DE L' UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, 5 décembre 2008.
- [ **Sekkay, Touzene 10**] :
Abdelkrim Nabil SEKKAI, Mohamed Rafik TOUZENE, « Conception d'un système de e-maintenance sur une plateforme embarquée », mémoire de Master de l'Université de Bab-Ezzouar, Alger, 2010.
- [ **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.