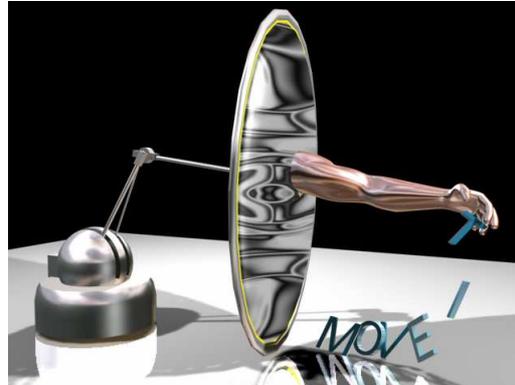


Analyse Fonctionnelle



SOMMAIRE

<i>Introduction</i>	3
<i>1. Application</i>	4
1.1. Scénario	4
1.2. Contraintes liées à l'application	7
1.3. Fonctionnalités	10
1.4. Performances et engagements.....	13
<i>2. Librairie</i>	16

Introduction

Le projet MoveIT est un système informatique permettant la manipulation d'objets dans un environnement virtuel. L'interaction se fait au moyen de diverses modalités telles que l'utilisation d'un bras haptique, d'un système vocal ou plus classiquement à l'aide d'un clavier et d'une souris.

MoveIT se présente sous la forme d'une bibliothèque et d'une application d'exemple utilisant la majorité des fonctionnalités disponibles. Cette application représente un atelier d'assemblage de pièces Lego®.

L'environnement virtuel s'appuie sur des propriétés physiques lui donnant une forte sensation de réalisme. De plus il est entièrement configurable par l'utilisateur.

La bibliothèque étant conçue de manière générique, il est aisé de greffer de nouvelles fonctionnalités développées par la suite. Du point de vue utilisateur de cette bibliothèque, il est possible de créer rapidement une application regroupant de nombreuses notions de réalité virtuelle, disponibles dans la bibliothèque. Ainsi vous pourrez créer, modifier, manipuler ou encore enregistrer des objets dans l'environnement 3D. Vous pourrez interagir avec cet environnement par l'intermédiaire d'un bras haptique mais aussi avoir un aperçu de cet environnement au travers d'un écran ou de lunettes stéréoscopiques. D'autres modalités d'interaction telles que la synthèse vocale permettent une grande souplesse d'interaction.

L'application servant d'exemple met en œuvre les principales fonctionnalités de la bibliothèque MoveIT. En effet, il s'agit d'un atelier d'assemblage de briques LEGO® représenté sous la forme d'une chambre d'enfant. Vous pouvez vous déplacer dans ce monde virtuel, concevoir aisément des constructions à l'aide de toutes les modalités décrites dans la bibliothèque et enregistrer votre travail.

Nous allons dans ce document détailler toutes les fonctionnalités de l'application. Par la suite, nous mettrons en évidence celles de la bibliothèque.

L'application sera présentée sous la forme d'un scénario dont nous expliciterons les fonctionnalités.

Bien sûr, un tel système impose de bonnes performances pour être utilisable. Nous exposerons donc celles offertes par ce système.

1. Application

L'application consiste en l'assemblage de pièces Lego®. Dans ce cadre, un monde 3D spécifique ainsi que des règles spécifiques à la manipulation et à l'interaction entre des pièces Lego® sont élaborées.

1.1. Scénario

L'utilisateur veut utiliser l'application MoveIT pour manipuler des pièces Lego®. Cette application utilise un bras haptique à retour d'effort couplé à un système de rendu 3D. La reconnaissance vocale ainsi qu'un clavier et une souris sont également à la disposition de l'utilisateur pour interagir avec le système. De plus l'utilisateur a la possibilité d'activer/désactiver la modalité vocale.

L'utilisateur démarre la machine reliée au bras haptique, puis celle contrôlant la parole et enfin celle supportant l'application principale. Il démarre successivement les exécutable de l'application MoveIT présents sur chacune des machines.

L'utilisateur s'installe alors devant la machine principale, il place les lunettes stéréoscopiques sur son nez, le micro proche de sa bouche et saisit le stylet du bras haptique avec la main droite.

L'interface de l'application s'affiche. Elle est composée d'une barre de menu, d'une barre de raccourcis, d'un terminal et d'une scène 3D. L'utilisateur lâche le bras haptique pour prendre la souris. Il sélectionne le menu « affichage », puis le sous-menu « barre de raccourcis » et clique sur l'item « placer la barre sur la gauche ». La barre de raccourcis apparaît alors sur la gauche de l'écran. Il clique également sur le bouton « activer le mode vocal ». Le système lui répond « Mode vocal activé ».

Au démarrage, la scène 3D est vide. L'utilisateur ouvre alors le menu « scène → charger ». Une boîte de dialogue type « explorateur de fichier » apparaît, l'utilisateur sélectionne le fichier fournit avec l'application et charge la scène. Dans la scène 3D, la main de l'utilisateur est représentée par un avatar et la scène ressemble à une chambre d'enfant avec un espace de rangement, un espace de jeu et un ensemble d'objets de décoration.

Avant de pouvoir manipuler des pièces Lego®, l'utilisateur doit tout d'abord créer son stock de briques (celui-ci est initialement vide).

L'utilisateur prend le stylet du bras haptique dans sa main et presse le bouton b1, il passe du mode « déplacement » au mode « souris ». Il déplace le pointeur de la souris en manipulant le bras jusqu'au bord de la fenêtre, là il clique sur le bouton « créer pièce » de la boîte à outils. Une boîte de dialogue s'ouvre et affiche les différentes pièces disponibles. L'utilisateur sélectionne la pièce à 8 picots. Dans les caractéristiques associées à cette pièce il sélectionne la couleur « jaune » et définit la masse qu'il veut lui affecter. Il valide en appuyant sur le bouton « appliquer ». Une pièce jaune ayant une dimension de 4 picots sur 2 apparaît alors dans l'espace de stockage.

Ayant besoin de plusieurs pièces identiques à la précédente, l'utilisateur demande oralement : « reproduit moi cette pièce huit fois ». Une fois les briques créées, le système répond : « Huit briques jaunes de huit picots ont été créées et placées dans le stock. ». Les huit pièces apparaissent alors dans l'espace de stockage à côté de la pièce précédemment créée.

L'utilisateur veut ensuite s'approcher de la zone de stockage. Il passe alors en mode déplacement par l'intermédiaire du bouton b1 du bras haptique, et oriente le bras vers l'avant en direction de la zone de stockage. Il se déplace ainsi jusqu'à proximité des pièces Lego®.

Pour saisir une pièce Lego®, l'utilisateur appuie sur le bouton b1 du bras haptique afin de passer en mode manipulation. Il prononce ensuite : « attrape la pièce ». Le système reconnaît la commande de saisie, il cherche alors à savoir sur quelle pièce celle-ci s'applique. L'utilisateur n'ayant pas précisé quelle pièce il souhaitait saisir, ni vocalement, ni gestuellement, le système génère le message vocal « quelle pièce souhaitez vous saisir ? ». L'utilisateur répond alors « celle-ci » en la sélectionnant avec le bras haptique (collision ou forte proximité). Le renseignement donné par le bras permet de compléter la commande de l'utilisateur. La pièce apparaît au bout de l'avatar. L'utilisateur presse le bouton b1 pour passer en mode « déplacement », il peut emmener la pièce où il veut. Après s'être éloigné de l'espace de stockage, l'utilisateur décide de déposer la pièce. Pour cela il prononce « lâche la pièce ». La pièce Lego® jaune tombe depuis la position de l'avatar et provoque quelques rebonds de l'objet sur le sol. L'objet reste intact. L'utilisateur décide enfin d'arrêter le mode vocal. Il dit « Arrêt du mode vocal ».

Après avoir sorti plusieurs pièces de l'espace de stockage, l'utilisateur souhaite maintenant assembler deux pièces. Il saisit une première pièce en mode manipulation, puis tente de se déplacer vers une autre pièce. L'avatar ne se déplace pas, l'utilisateur ne peut déplacer la pièce que dans l'espace de travail de son avant bras et il n'arrive pas à atteindre la seconde pièce. L'utilisateur prononce « mode déplacement » afin de changer le mode de fonctionnement du système. Il n'entend aucune réponse du système. Il regarde attentivement l'interface et se rend compte qu'il est précisé sur l'écran que le mode vocal est arrêté. A l'aide de la souris il clique alors sur le bouton « activer le mode vocal ». Le système lui répond « Mode vocal activé ». Il peut ainsi réitérer sa demande « mode déplacement ». L'utilisateur peut maintenant déplacer sa pièce à proximité de l'autre. Une fois à proximité, il prononce « mode manipulation » afin de repasser en mode manipulation, ce qui lui permettra d'assembler les deux pièces manuellement.

Il tente donc de le faire manuellement, en utilisant le bras haptique. La pièce Lego® saisie précédemment pivote dans l'environnement virtuel selon les mouvements du bras haptique. Les deux pièces entrent en collision sans s'assembler. Il se rend compte qu'elles ne sont pas bien juxtaposées. Il réutilise le bras pour faire pivoter la pièce Lego® saisie et la placer correctement. Il arrive cette fois avec succès à emboîter les deux pièces. Il ressent une petite résistance due au frottement, et les deux pièces s'assemblent. L'utilisateur saisit la pièce à la base de l'assemblage à l'aide du bouton b2. L'avatar manipule maintenant les deux pièces emboîtées. Il les pose sur le sol, en les lâchant par un appui sur le bouton b2 du bras haptique.

L'utilisateur veut maintenant labelliser sous le même nom les deux pièces qu'il vient d'assembler. Il dit : « Grouper ces deux pièces et les labelliser *PimponPimponPimpon* ...ur. ». Le système dit alors : « Je n'ai pas compris le label. Pouvez-vous le répéter ». Il répète le mot « mur ». L'assemblage est donc groupé et labellisé par le système sous le nom « mur ». Le système annonce la création du nouveau groupe « Groupe mur créé ».

Le mur étant l'élément de base d'une maison, l'utilisateur décide de la sauvegarder pour pouvoir le réutiliser. L'utilisateur lâche le bras pour attraper la souris, il sélectionne le menu « objet » de la barre de menu puis « sauvegarder objet ». Une fenêtre de dialogue s'ouvre et affiche la liste des objets labellisés non sauvegardés. L'utilisateur choisit l'objet « mur » et clique sur « sauvegarde ». La fenêtre se referme et l'utilisateur reprend le bras haptique.

L'utilisateur désire maintenant dupliquer l'objet en plusieurs exemplaires. Pour cela il passe en mode souris en prononçant « mode souris » puis déplace le bras pour amener le pointeur de la souris sur le bouton « dupliquer » de la barre de raccourcis. Une fenêtre de dialogue s'ouvre et propose une liste des objets présents dans la scène, l'utilisateur sélectionne l'objet « mur » et remplit le champ « quantité » avec la valeur 3. 3 murs apparaissent dans l'espace de stockage. Il sort les 3 murs les uns après les autres et les dispose côte à côte dans la scène. Il décide maintenant de changer la couleur d'un des murs, pour cela il dit « colorie la pièce en rouge » tout en la sélectionnant par un click (bouton b3 du bras). Le mur sélectionné apparaît maintenant en rouge.

L'utilisateur n'arrive pas bien à différencier les pièces jaunes du mur rouge, car la luminosité n'est pas suffisante. Il sort alors du « mode 3D » et passe dans le « mode souris » par l'intermédiaire de la requête orale « mode souris », afin d'accéder au menu « scène - éclairage », depuis lequel il augmente l'intensité de la lumière ambiante.

L'utilisateur demande maintenant : « Y'a-t-il une pièce verte ? » Le système répond : « Non. ». L'utilisateur reprend alors : « Crée une pièce verte et rajoute la dans le stock. ». Le système répond alors : « Combien de picots voulez-vous sur votre brique verte ? » L'utilisateur répond : « Je veux qu'elle ait quatre picots. ». La pièce se crée et le système dit : « Une brique verte de 4 picots a été créée et ajoutée au stock. ».

L'utilisateur se rend alors compte qu'il n'a pas besoin de cette dernière pièce. Il décide donc de la supprimer. Il la saisit et dit « Supprime cette pièce. ». Il décide ensuite de sauvegarder sa scène et passe par le menu « scène ». Il déroule le menu et clique sur l'item « Sauvegarder la scène ».

Une fois son travail sauvegardé, l'utilisateur souhaite rapprocher les murs de sa future maison Lego®. Il bascule en mode « déplacement » en appuyant sur le bouton b1. Ensuite il pousse le mur rouge à l'aide du bras (sans le saisir). Pour cela il met son avatar en collision avec le mur et exerce une force sur le bras de manière à déplacer le mur à l'endroit souhaité.

L'utilisateur souhaite créer un mur bicolore à partir du mur rouge. Il sélectionne l'objet en mettant son avatar au contact. Il passe en mode manipulation à l'aide du bouton b1. Il clique alors sur le bouton du bras correspondant au désassemblage. Les pièces sont alors désassemblées. Il peut maintenant changer la couleur de l'une des deux briques. Une fois la couleur changée, il réassemble les deux briques puis met son bras en contact avec

l'ensemble, il prononce ensuite « grouper ». Le système lui répond « Groupe *groupe3* créé ».

L'utilisateur lâche alors le bras haptique et prend place devant le clavier. Il utilise la souris pour aller dans le menu fichier et sélectionne le sous-menu « sauvegarde de l'objet ». Une boîte de dialogue s'affiche afin de définir quel objet il souhaite sauvegarder. L'utilisateur prononce « la dernière pièce assemblé ». Le moteur de fusion utilise les informations présentes dans sa pile de contexte afin de générer la commande de sauvegarde qu'il transmet ensuite au gestionnaire d'enregistrement des fichiers.

1.2. Contraintes liées à l'application

1.2.1. Modalités d'interaction

L'utilisateur dispose de plusieurs modalités pour interagir avec le système : la parole, le bras haptique, le clavier et la souris. De même, plusieurs modalités de sortie sont utilisées pour informer l'utilisateur de l'état du système : synthèse vocale, affichage 2D, rendu 3D et le bras haptique.

Voici une définition du lien entre les différentes modalités. Cette définition se base sur l'espace multimodal CARE:

- Complémentaire (C) : les deux modalités se complètent pour permettre à l'utilisateur de réaliser une tâche.
- Assignation (A) : une modalité peut être assignée d'un rôle précis vis-à-vis d'une tâche particulière ou du fonctionnement de l'application.
- Redondante (R) : la même information peut être diffusée sur plusieurs modalités en même temps.
- Equivalente (E) : deux modalités peuvent offrir la même information.

→ Modalités d'entrée :

	Bras haptique	Parole	Souris	Clavier
Bras haptique		C et E	E	E
Parole			C et E	C et E
Souris				C et E
Clavier				

→ Modalités de sortie :

	Synthèse vocale	Affichage 2D	Rendu 3D	Bras haptique
Synthèse vocale		R et C	C	C
Affichage 2D			C	C
Rendu 3D				C
Bras haptique				

1.2.2. Modes de fonctionnement

L'utilisateur dispose de plusieurs modes de fonctionnement, liés au bras haptique, par lesquels il peut interagir avec l'application à l'aide des modalités vues précédemment.

Ces modes de fonctionnement sont les suivants :

→ Mode **Déplacement** :

Dans ce mode, l'utilisateur peut naviguer dans l'environnement virtuel. Ce mode permet de simuler la sensation de « marche » dans un environnement réel. Les déplacements sont contraints dans le plan du sol.

Le bras haptique se manipule comme un joystick. Une sensation de résistance dans la direction opposée au déplacement permet d'indiquer à l'utilisateur le « point mort » pour lequel il ne se déplace plus.

Pendant ces déplacements, l'utilisateur peut heurter des objets de l'environnement et en ressentir les particularités physiques (résistance maximale s'il rentre dans un mur, résistance proportionnelle au poids de l'objet pour tout autre objet).

→ Mode **Manipulation** :

Dans ce mode, l'utilisateur peut manipuler, saisir, lâcher les objets de l'environnement virtuel. La manipulation des objets se fait à position fixe, c'est-à-dire que l'utilisateur ne « marche » plus dans l'environnement et dispose ainsi d'un espace de travail équivalent aux mouvements de son avant bras pour saisir et manipuler les objets se trouvant dans l'espace de travail.

Le bras haptique se manipule de façon naturelle comme si l'objet manipulé était dans la main de l'utilisateur. Celui-ci ressent toutes les caractéristiques physiques de l'objet manipulé (poids, forme, texture...)

→ Mode **Souris** :

Dans ce mode, l'utilisateur peut utiliser le bras haptique pour prendre le pas sur la souris de l'ordinateur. Les mouvements du bras sont alors contraints selon un plan « vertical » correspondant au plan de l'écran de visualisation. Le bras s'utilise alors comme une souris pour atteindre les menus de l'application ou désigner un objet de l'environnement virtuel.

L'utilisateur ne dispose ni du retour haptique ni du retour tactile dans ce mode.

L'utilisateur peut changer de mode de fonctionnement soit par la parole en nommant le mode qu'il veut utiliser, soit par l'intermédiaire d'un bouton du bras haptique ou encore grâce au clavier ou à la souris.

Lors du passage du mode **Souris** ou **Manipulation** vers le mode **Déplacement**, le bras haptique est automatiquement replacé au « point mort » avant que l'utilisateur ne puisse se déplacer.

1.2.3. Les objets manipulables

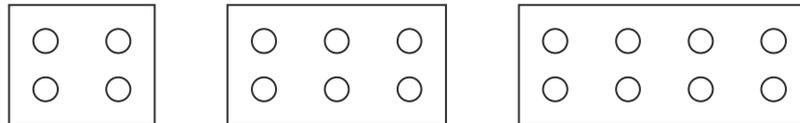
L'environnement virtuel de l'application est une chambre d'enfant. Parmi les objets constituant la chambre, certains sont manipulables alors que les murs par exemple ne le sont pas et restent figés. Les objets vus par l'utilisateur dans la scène sont les suivants :

→ Les **Lego®** :

Ce sont les objets principaux de l'application du point de vue manipulation. Ce sont les pièces Lego® que l'utilisateur assemble et modifie selon ses souhaits. Ces objets possèdent les caractéristiques suivantes :

- poids (modifiable par l'utilisateur),
- couleur (modifiable par l'utilisateur),
- nombre de picots (choisi par l'utilisateur lors de la création de la pièce mais non modifiable ensuite).

Les pièces Lego® que l'utilisateur peut utiliser sont composées de 4, 6 ou 8 picots disposés sur 2 lignes. C'est-à-dire ayant la forme suivante (vue de dessus) :



→ Les **rangements** :

Ce sont les objets dans lesquels l'utilisateur peut ranger les pièces **Lego®**. Ces objets sont manipulables mais contraints à des mouvements spécifiques selon leurs caractéristiques physiques (un tiroir par exemple).

→ Les objets **déformables** :

Certains objets de l'environnement sont dits déformables. Ce sont des objets simples que l'utilisateur peut manipuler comme de la « pâte à modeler ». Ces objets peuvent être déformés par l'utilisateur selon un schéma simple. Par contre il n'est pas envisageable pour l'utilisateur de faire interagir deux objets déformables entre eux. C'est pourquoi ces objets seront fixes dans l'environnement.

1.3. Fonctionnalités

Les fonctionnalités décrites ci-dessous sont toutes accessibles par l'utilisateur à l'aide du bras haptique ou par commande vocale. Nous envisageons cependant des modes dégradés, décrits par la suite, dans lesquels ce ne sera plus obligatoirement ces modalités qui permettront d'interagir avec l'application.

Les fonctionnalités sont réparties en 2 groupes : les fonctionnalités obligatoires et les fonctionnalités optionnelles. Ce premier tableau présente les fonctionnalités obligatoires.

Accessibilité des fonctionnalités :

Cette rubrique permet de définir par quelle modalité l'utilisateur peut réaliser chaque fonctionnalité (V : vocal et B : bras haptique).

N° spec	Fonctionnalités	Accessibilité
Gestion du Monde		
(1)	<i>Le monde est une chambre d'enfant.</i>	
(2)	<i>Composition de la pièce :</i> <ul style="list-style-type: none"> - Pièce fermée, 4 murs texturés par un papier peint - Une fenêtre fermée (pouvant s'ouvrir optionnellement) - Un plafond - Un sol texturé 	
(3)	<i>Eclairage :</i> <ul style="list-style-type: none"> - Une fenêtre (lumière naturelle) - Un plafonnier et des spots 	
(4)	<i>Des opérations peuvent être appliquées sur chacune des lumières :</i> <ul style="list-style-type: none"> - atténuer, - changer la couleur, - allumer/éteindre 	V, B
(5)	<i>Les pièces Lego® sont rangées dans différents emplacements (tiroirs, coffres à jouets, etc. ...) :</i> A chaque emplacement correspond un type de pièce Lego® représenté par une image visible quand cet emplacement est en position fermée.	
(6)	<i>Le bras est représenté par un avatar (probablement une main).</i>	
(7)	<i>Des éléments de décors peuvent être ajoutés dans la chambre.</i>	V, B
(8)	<i>Toucher :</i> Donne la sensation de sentir le Lego® (ressenti du contact sans saisie).	B

	Sentir le matériau :	
(9)	Permet de ressentir les caractéristiques du Lego® (rugosité, élasticité, viscosité, aspérités).	B
(10)	L'utilisateur ressent les efforts liés aux collisions entre l'environnement et son avatar lors de ses déplacements dans la scène 3D.	B
(11)	L'utilisateur ressent les efforts liés aux collisions entre la pièce Lego® qu'il manipule et le reste de l'environnement.	B
Gestion des Objets		
	Possibilité d'interagir avec plusieurs types d'objets :	
(12)	<ul style="list-style-type: none"> - Objets du décor - Lego® (indéformables) - Certains objets déformables 	V, B
(13)	Une pièce Lego® peut pivoter.	B
(14)	Une pièce Lego® peut rebondir.	
(15)	Une pièce Lego® peut être importée.	V, B
	Les caractéristiques d'une pièce Lego® peuvent être modifiées.	
(16)	Caractéristiques d'une pièce Lego® : <ul style="list-style-type: none"> - poids, - couleur, - nombre de picots (non modifiable après la création de la pièce), - position dans le monde 3D (non modifiable par la modalité vocale). 	V, B
(17)	Créer une pièce Lego®.	V, B
(18)	Détruire une pièce Lego®.	V, B
(19)	Copier des pièces Lego®.	V, B
(20)	Labelliser des pièces Lego®.	V
(21)	Dénombrer des pièces Lego® dans la scène.	V
(22)	Se renseigner sur les caractéristiques d'une pièce Lego®.	V
Manipulation		
(23)	Une pièce Lego® peut être saisie.	V, B
(24)	Une pièce Lego® peut être lâchée.	V, B
	Manipuler des pièces Lego® sans saisie :	
(25)	Cette fonctionnalité permet de pousser ou de tourner le Lego® sans le saisir.	B
	Manipuler des pièces Lego® avec saisie :	
(26)	Cette fonctionnalité permet d'effectuer des actions sur le Lego® saisi comme le soulever, le pousser, le tirer, le tourner, le poser.	B
(27)	Une pièce Lego® peut rebondir après avoir été lâchée.	
(28)	Des pièces Lego® peuvent être assemblées.	B
(29)	Des pièces Lego® peuvent être désassemblées.	B

(30)	Deux pièces Lego® inadaptées peuvent entrer en collision et ne peuvent donc pas être assemblées par l'utilisateur.	
(31)	Deux pièces Lego® liées par un plot peuvent pivoter l'une par rapport à l'autre jusqu'à ce qu'il y ait collision.	
(32)	Manipuler plusieurs pièces Lego® emboîtées.	B
Interaction Homme Machine		
(33)	L'utilisateur peut utiliser le mode Déplacement. Ce mode permet de se déplacer dans tout l'environnement 3D.	
(34)	L'utilisateur peut utiliser le mode Manipulation. Ce mode permet de déplacer l'avatar.	
(35)	L'utilisateur peut utiliser le mode Souris. Ce mode permet d'utiliser le bras comme une souris : - pour atteindre un menu, - pour désigner un objet de la scène.	
(36)	L'utilisateur peut basculer entre les différents modes.	V, B
(37)	L'utilisateur peut utiliser les boutons du bras haptique.	
(38)	L'utilisateur peut ouvrir des fichiers ou des menus.	V, B
(39)	L'utilisateur peut fermer des fichiers ou des menus.	V, B
(40)	L'utilisateur peut sauvegarder : - un objet - la scène	V, B
(41)	L'utilisateur peut disposer d'un retour vocal selon les circonstances.	V
(42)	L'utilisateur peut activer la modalité vocale.	B
(43)	L'utilisateur peut désactiver la modalité vocale.	V, B

Ce second tableau présente les fonctionnalités optionnelles. Ces fonctionnalités sont peu nombreuses mais nous pensons qu'elles entraînent un travail important que nous ne sommes pas certain de pouvoir accomplir.

N° spec	Fonctionnalités	Accessibilité
Manipulation		
(44)	L'utilisateur peut lancer un objet : Il peut lâcher l'objet qu'il tient dans la « main » lorsqu'il est en cours de déplacement.	B
(45)	L'utilisateur peut demander un guidage : Lorsqu'il souhaite atteindre un point précis de l'environnement, l'utilisateur peut désigner ce point (lieu de l'environnement ou objet, tel qu'un tiroir de rangement) et s'y faire guider. Lorsque l'utilisateur cherche à assembler 2 pièces Lego sans succès, il peut alors demander un guidage l'aidant à emboîter les pièces.	V, B

1.4. Performances et engagements

Le logiciel fourni est interactif et temps réel, c'est-à-dire qu'il s'adapte à la perception humaine. Il s'agit là d'un principe de base qui implique un taux de rafraîchissement suffisamment élevé pour l'écran de visualisation (25 Hz en mono vision, et 100 Hz en stéréovision).

L'aspect temps réel concerne également le bras haptique, car celui-ci doit fournir à l'utilisateur des sensations réalistes en terme de retour d'efforts, en fonction des caractéristiques des formes, matériaux, et continuité des forces à reproduire. Il faut, pour garantir un fonctionnement optimal de celui-ci, un pas d'échantillonnage compris entre 3 et 10 ms, et que la fréquence de fonctionnement de la boucle haptique soit de 1kHz.

De la même manière, les réponses vocales du logiciel s'adaptent à la situation de l'utilisateur, le temps de latence doit être minime.

Cependant, ces contraintes de performance temps réel impliquent un certain comportement vis-à-vis de l'utilisateur. Cela concerne surtout l'entrée vocale. Pour un fonctionnement correct de celui-ci, il est important d'articuler normalement, sans crier, sans hésiter (si possible), et d'énoncer la commande en une seule phrase. De même, il faut faire attention aux bruits de fond, et éviter la présence de discussions autour de l'utilisateur. En l'absence de respect de ces contraintes, il n'est pas possible de garantir un fonctionnement optimal du logiciel si l'utilisateur se sert de la modalité vocale.

En revanche, le logiciel est interactif, et de ce fait, l'utilisateur est libre dans son choix de modalité d'interaction (parole, bras haptique, souris, clavier...). Le logiciel doit s'adapter à l'ensemble des cas d'utilisations des modalités d'interactions, qu'elles soient synchronisées ou pas. Le logiciel doit également fonctionner en l'absence de certains périphériques.

De plus, le mode vocal est français, c'est-à-dire que l'utilisateur doit prononcer ses requêtes en français et le système répondra par ce même langage.

Enfin, le logiciel est multi plateforme, il fonctionne sur les systèmes d'exploitation les plus répandus (Windows 9x/NT, Unix, Linux, MacOS). Cependant il est envisagé une restriction en ce qui concerne le vocal qui pourrait être uni plateforme.

Les différents modules de l'application peuvent être répartis sur différentes machines, avec un ou plusieurs modules sur une même machine.

1.4.1. Modes dégradés

L'utilisateur peut avoir à affronter différents problèmes liés à d'éventuels dysfonctionnements de l'application. Nous lui proposons pour cela des modes dégradés. Ces modes dégradés sont liés au fait qu'un périphérique puisse être défaillant ou non connecté. L'application permet alors à l'utilisateur de continuer malgré ces aléas.

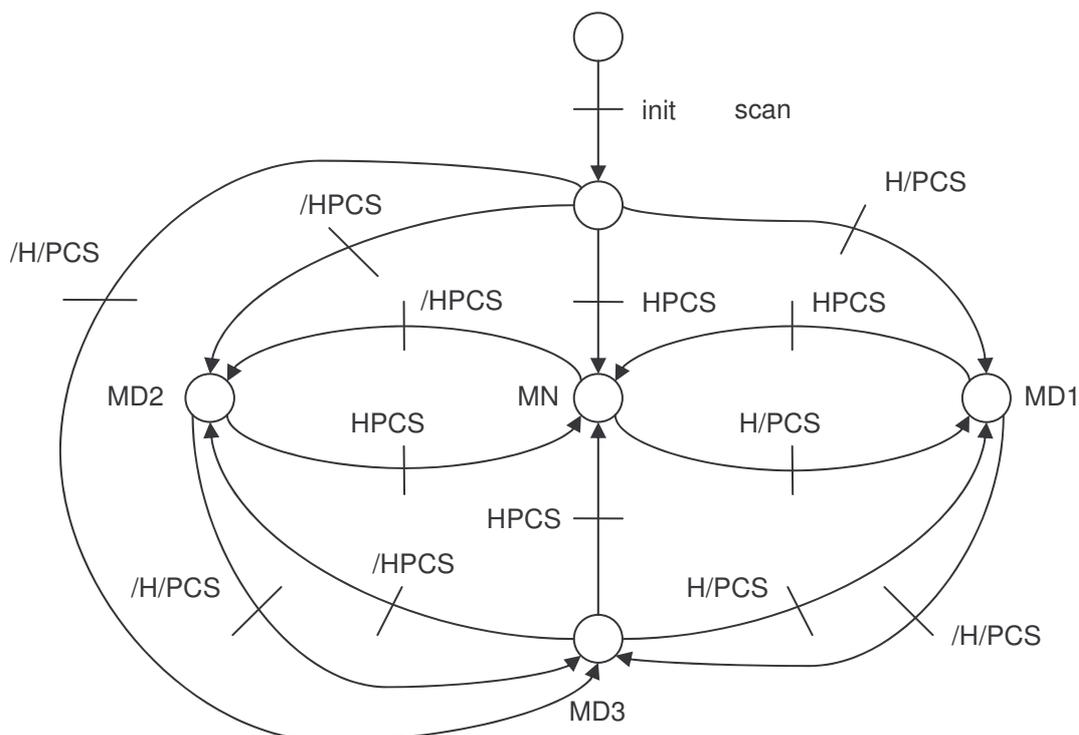
Cependant, deux cas sont envisagés pour lesquels l'application ne pourrait plus fonctionner :

- Tout d'abord, s'il n'y a plus de dispositif d'affichage (écran ou lunettes stéréoscopiques).
- Ensuite si le clavier et la souris ne sont pas connectés (ces éléments sont indispensables à la manipulation de l'ordinateur). De plus ce sont les périphériques de secours en cas de défaillance du bras haptique.

Nous avons donc envisagé 4 modes :

- Le mode normal (MN) pour le quel tous les périphériques fonctionnent normalement.
- Le mode dégradé 1 (MD1) pour lequel la modalité vocale ne fonctionne plus.
- Le mode dégradé 2 (MD2) pour lequel la modalité haptique ne fonctionne plus.
- Le mode dégradé 3 (MD3) pour lequel ni la modalité vocale ni la modalité haptique ne fonctionnent.

Lorsque le bras haptique ne fonctionne plus, celui-ci peut être remplacé par le clavier et la souris. Cependant, l'utilisateur ne dispose ni d'un retour tactile ni d'un retour haptique. Le diagramme suivant présente les cas pour lesquels un changement de mode est envisagé.



H : haptique

P : Parole

C : Clavier

S : Souris

Lorsqu'une barre précède une lettre, c'est que ce périphérique n'est plus disponible.

Au début de l'application, un phase de « test » permet de scanner les périphériques et d'établir leur état (état « scan »). Ensuite, si tous les périphériques fonctionnent, on entre dans le mode de fonctionnement normal (MN). Pour toute perte d'un périphérique, on entre dans le mode dégradé correspondant. De même pour tout nouveau périphérique disponible, on retourne dans le mode dégradé ou normal correspondant.

2. Librairie

Ci-dessous sont présentées les fonctionnalités de la librairie.

N° spec	Fonctionnalités	Type
Rendu		
(1)	Possibilité de définir des éléments de base d'un rendu : <ul style="list-style-type: none"> - projection de la scène - cadrage de la scène 	Obligatoire
(2)	Le lissage du rendu des objets pourra être lissé, planaire ou filaire.	Obligatoire
(3)	Mode multi résolution : possibilité de modifier la résolution de la scène ou seulement des objets complexes	Optionnel
Gestion des caméras		
(4)	On peut créer une caméra principale.	Obligatoire
(5)	On peut créer des caméras secondaires paramétrables.	Obligatoire
(6)	La caméra principale a deux modes de fonctionnement, le mode « manipulation » et le mode « déplacement ».	Obligatoire
(7)	Le mode Déplacement : Ce mode permet de se déplacer dans tout l'environnement 3D.	Obligatoire
(8)	Le mode Manipulation : Ce mode permet de manipuler des objets.	Obligatoire
(9)	Basculer dans les différents modes de fonctionnement.	Obligatoire
(10)	Il est possible de définir une certaine hauteur minimum et maximum à ne pas dépasser dans le mode « Déplacement ».	Obligatoire
(11)	Le mode Déformation : C'est une particularité du mode Manipulation. En effet, l'utilisateur pourra agir sur la géométrie de l'objet. L'activation se fera selon le choix de l'utilisateur (interface graphique, commande vocale, périphériques).	Optionnel
(12)	En mode déplacement, la caméra rentre en collision avec l'environnement et ses objets.	Optionnel
Lumière		
(13)	Possibilité de créer une lumière selon certains paramètres : <ul style="list-style-type: none"> - position - type d'éclairage (lumière naturelle, lampes, néons) - intensité - luminosité 	Obligatoire
(14)	Calcul des ombres en fonction des différentes lumières et des objets présents dans la scène.	Obligatoire
Objets		
(15)	Possibilité d'importer des objets déformables ou non.	Obligatoire

(16)	Possibilité de créer des objets à structure simple. Ex : Sphère, Cube, Cylindre	Obligatoire
(17)	Chaque objet possède différentes caractéristiques : - géométriques (forme, centre de gravité, ...) - physiques (masse, élasticité, frottement statique et dynamique, déformabilité etc ...) visuelles (textures, couleurs, ...) - un nom	Obligatoire
(18)	Dénombrer des objets.	Optionnel
(19)	Se renseigner sur la position des objets.	Optionnel
(20)	Se renseigner sur les caractéristiques d'un objet.	Optionnel
(21)	Création d'objet (réapprovisionnement le stock).	Optionnel
(22)	Aller chercher un objet dans le stock.	Optionnel
(23)	Supprimer un objet.	Optionnel
(24)	Dupliquer un objet.	Optionnel
(25)	Modifier les caractéristiques d'un objet.	Optionnel
(26)	Labelliser un objet.	Optionnel
(27)	Saisir un objet.	Optionnel
(28)	Sélectionner un objet.	Optionnel
(29)	Déplacement de l'avatar.	Optionnel
Manipulation d'un objet		
(30)	Un objet pourra être saisi.	Obligatoire
(31)	Un objet pourra pivoter en même temps que l'avatar une fois saisi (objet fixe par rapport à l'avatar).	Obligatoire
(32)	Une fois l'objet lâché, il pourra rebondir en fonction de ses propriétés.	Obligatoire
(33)	Un objet pourra rebondir.	Obligatoire
(34)	Un objet pourra être mis en surbrillance.	Obligatoire
(35)	Un objet pourra être détecté dans le voisinage de l'avatar.	Obligatoire
(36)	Un objet pourra être sélectionné par « picking ».	Obligatoire
(37)	Un objet peut être déformé à l'issue d'une collision.	Optionnel
(38)	Un objet peut être déformé, par l'utilisateur au travers de l'avatar. Ex : Manipulation de la structure de l'objet	Optionnel
(39)	Toucher : Cette fonctionnalité permet de sentir la forme d'un objet.	Obligatoire
(40)	Sentir le matériau : Cette fonctionnalité permet de ressentir les caractéristiques du matériau de l'objet (rugosité, élasticité, viscosité, frottement statique et dynamique).	Obligatoire
(41)	Manipuler de façon simple des objets sans saisie : Cette fonctionnalité permet d'effectuer des actions sur les objets comme les soulever, les pousser, les tirer, les tourner, les poser.	Obligatoire

	<i>Manipuler de façon simple des objets avec saisie :</i>	
(42)	Cette fonctionnalité reprend les caractéristiques de la précédente mais l'objet sera d'abord saisi et à la fin relâché.	Obligatoire
Interaction entre plusieurs objets		
(43)	<i>Deux objets peuvent être assemblés.</i>	Obligatoire
(44)	<i>Deux objets peuvent être désassemblés.</i>	Obligatoire
(45)	<i>Deux objets inadaptés peuvent entrer en collision et ne pourront donc pas s'assembler.</i>	Obligatoire
	<i>Interagir avec plusieurs objets :</i>	
(46)	Cette fonctionnalité garantit, d'une part, la possibilité d'interagir avec un groupement d'objets fortement liés comme dans le cas d'un empilement d'objets, mais aussi de garantir la cohérence du retour d'effort lors de collisions entre un objet saisi et d'autres objets de la scène virtuelle.	Obligatoire
Le monde		
(47)	<i>Le bras sera représenté dans le monde virtuel par un avatar (main, pince ...).</i>	Obligatoire
(48)	<i>Possibilité de modifier les lois qui régissent l'environnement comme la pesanteur.</i>	Obligatoire
	<i>Activer/Désactiver le retour d'effort :</i>	
(49)	Grâce à cette fonctionnalité, on peut activer ou désactiver le retour d'effort et ainsi passer ou non en mode mouvement libre dans la scène.	Obligatoire
	<i>Spécifier les différents repères utilisés :</i>	
(50)	Cette fonctionnalité permet de caractériser les 5 repères (environnement, base, observation, outil, avatar) utiles au repérage dans la scène virtuelle.	Obligatoire
	<i>Déplacer/orienter le repère d'observation :</i>	
(51)	Cette fonctionnalité permet de modifier l'angle de vue de la scène en déplaçant et en orientant la caméra dans les trois dimensions.	Obligatoire
	<i>Spécifier le pas d'échantillonnage de la simulation :</i>	
(52)	Cette fonctionnalité permet d'ajuster les caractéristiques temporelles de la simulation avec celles de l'armoire du dispositif haptique permettant ainsi de satisfaire une partie des contraintes temporelles de la future application.	Obligatoire
	<i>Affecter des facteurs d'échelle entre la simulation et le bras :</i>	
(53)	Cette fonctionnalité permet de découpler ou réduire les mouvements et efforts effectués ou ressentis en trois dimensions entre le bras et la simulation.	Obligatoire

(54)	Possibilité de créer une boussole 3D qui informera l'utilisateur de son orientation dans le monde 3D.	Optionnel
(55)	Possibilité de charger un monde 3D par défaut (un ciel, un sol) avec une loi de pesanteur fixée.	Optionnel
(56)	Zoom (focus sur un objet).	Optionnel
(57)	Recentrer la caméra.	Obligatoire
(58)	Rotation de l'objet.	Optionnel
Interaction avec l'application		
(59)	Basculer entre les modes 3D et 2D : Cette fonctionnalité permet de basculer entre un mode de fonctionnement 3d et un mode 2d comparable à un mode souris permettant d'évoluer sur un plan parallèle à celui de l'écran.	Obligatoire
(60)	Interagir avec l'environnement de l'application en mode souris : Cette fonctionnalité permet d'agir sur l'application comme on le ferait à la souris. On pourra donc désigner des éléments (objets ou boutons) et atteindre des menus.	Obligatoire
(61)	Utiliser les boutons du dispositif pour leur affecter une fonction : Cette fonctionnalité permet d'affecter des fonctions spécifiques aux boutons présents sur le dispositif de retour d'efforts.	Obligatoire
(62)	Créer une connexion avec un dispositif haptique virtuelle : Cette fonctionnalité primordiale permet d'utiliser un dispositif de retour d'efforts Virtuose dans une application. Elle effectue la connexion entre le bras et l'application.	Obligatoire
(63)	Communiquer avec les autres modules de la librairie : Cette fonctionnalité également primordiale permet de communiquer avec un ou des autres modules de la librairie pour recevoir ou transmettre des informations. Cette fonctionnalité est indispensable pour pouvoir ensuite interagir avec les différents éléments composant la future application.	Obligatoire
(64)	Passer d'un mode de fonctionnement à un autre : Cette fonctionnalité permet de basculer entre différents modes de fonctionnement spécifiés dans une application.	Obligatoire
Modes de commande		
(65)	Possibilité de choisir parmi 2 modes de commandes : le mode souris et le mode 3D.	Obligatoire
(66)	Le mode Souris permet de manipuler les différents menus non disponibles dans l'environnement 3D.	Obligatoire
(67)	Le mode 3D permet d'interagir avec l'environnement 3D.	Obligatoire

La barre de menus déroulants		
(68)	Possibilité de créer une barre de menus déroulants paramétrable se trouvant en haut de la fenêtre de l'application.	Obligatoire
(69)	Possibilité d'ajouter et de supprimer des menus.	Obligatoire
(70)	Possibilité d'ajouter des items textuels auxquels on pourra associer des fonctions ou des sous-menus.	Obligatoire
(71)	Les fonctionnalités disponibles sur les menus le seront aussi pour les sous-menus.	Obligatoire
(72)	Existence d'un menu spécifique à l'environnement 3D.	Obligatoire
La barre de boutons		
(73)	Possibilité de créer une barre de boutons raccourcis se trouvant en dessous de la barre de menus déroulant.	Obligatoire
(74)	Possibilité d'ajouter et de supprimer des boutons.	Obligatoire
(75)	Les fonctionnalités liées aux boutons devront exister dans les menus.	Obligatoire
Le terminal		
(76)	Possibilité de créer un terminal d'affichage se trouvant en bas de la fenêtre de l'application.	Obligatoire
(77)	Permet l'affichage des messages d'erreurs (aide au déboguage).	Obligatoire
(78)	Possibilité d'écrire un message typé dans le terminal d'affichage.	Obligatoire
(79)	Possibilité de définir un message typé (formalisme, nom + couleur).	Obligatoire
(80)	Activer/Désactiver l'affichage des messages dans l'environnement 3D (ces messages disparaîtront au bout d'un temps fixé).	Optionnel
Affichage		
(81)	Activer/Désactiver l'affichage du dispositif d'interaction WIMP.	Obligatoire
(82)	Activer/Désactiver le mode plein écran (le dispositif d'interaction WIMP disparaît/apparaît).	Obligatoire
(83)	Activer/Désactiver l'affichage de chaque élément du dispositif.	Obligatoire
Action sur les menus		
(84)	Ouverture/Fermeture des fichiers.	Obligatoire
(85)	Sauvegarde des fichiers.	Obligatoire
(86)	Ouverture/Fermeture des menus/sous-menus.	Obligatoire
(87)	Changement de mode (manipulation, déplacement).	Obligatoire
(88)	Activer/Désactiver le mode vocal.	Obligatoire
(89)	Activer/Désactiver la synthèse vocale.	Obligatoire
Menu scène		
(90)	Le menu « Scène » permettra la configuration de l'environnement 3D.	Obligatoire

	Gestion des lumières :	
(91)	possibilité d'allumer/éteindre chacune des lumières de la scène, de gérer leur intensité respective et changer la couleur (des limites de couleurs seront établies pour la lumière naturelle, provenant de l'extérieur).	Obligatoire
(92)	Activer/Désactiver le mode multi résolution.	Optionnel
(93)	Gestion des caméras : position, orientation.	Obligatoire
(94)	Chargement/Sauvegarde de l'environnement 3D.	Obligatoire
Menu objet		
	Importation d'un nouvel objet dans la scène :	
(95)	La sélection de l'objet se fera par l'intermédiaire d'une fenêtre qui fournira un aperçu de chaque objet (cf. schéma « ajout objet »). L'objet pourra être de format standard CAO (modèles 3ds).	Obligatoire
(96)	Possibilité de sauvegarder un objet complexe.	Obligatoire
(97)	Chargement d'une bibliothèque d'objets.	Obligatoire
(98)	Affichage du stock des objets disponibles.	Obligatoire
Menu éditer		
(99)	Modification de la forme du curseur (changement de métaphore).	Obligatoire
(100)	Possibilité d'activer/désactiver certains éléments de l'interface.	Obligatoire
Guidage virtuel		
	Apprentissage et/ou suivi de trajectoire :	
(101)	Cette fonctionnalité permet d'une part, d'apprendre à l'application des trajectoires particulières (avant de lancer la simulation) et d'autre part, d'être guidé par le bras suivant une trajectoire (préenregistrée).	Optionnel
	Génération de trajectoire :	
(102)	Cette fonctionnalité permet de générer une trajectoire particulière en fonction de caractéristiques données sans apprentissage par l'utilisateur (atteindre un point de l'environnement, saisie automatique).	Optionnel
Sûreté		
	Sécurité du système et du matériel:	
(103)	Cette sous-catégorie regroupe toutes les fonctionnalités permettant de garantir la gestion des erreurs matérielles et logicielles liées à l'utilisation du bras haptique et ainsi participer à garantir la robustesse de la librairie.	Obligatoire
	Sécurité de l'utilisateur :	
(104)	Cette fonctionnalité garantit l'intégrité physique de l'utilisateur. Le bras ne génère pas d'efforts trop importants et l'arrêt du bras est immédiat lorsque l'utilisateur lâche l'organe terminal.	Obligatoire

(105)	<i>Respect des contraintes de la boucle haptique :</i> Cette fonctionnalité garantit que les contraintes fréquentielles indissociables d'une application haptique sont respectées. Ainsi on gère les éventuels time-out et le respect des contraintes d'échantillonnage définies par l'application.	Obligatoire
(106)	<i>Respect du mode dégradé :</i> Cette fonctionnalité garantit la possibilité d'effectuer la plus grande partie des actions effectuées avec le bras lorsque celui-ci n'est pas présent dans l'application.	Obligatoire