



HAL
open science

Conception d'un système d'annotation pour prendre des notes en réalité virtuelle

Damien Clergeaud, Pascal Guitton

► To cite this version:

Damien Clergeaud, Pascal Guitton. Conception d'un système d'annotation pour prendre des notes en réalité virtuelle. Journées de l'AFRV, Oct 2017, Rennes, France. hal-01627007

HAL Id: hal-01627007

<https://hal.science/hal-01627007v1>

Submitted on 31 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Conception d'un système d'annotation pour prendre des notes en réalité virtuelle

Damien Clergeaud*
Inria, Bordeaux

Pascal Guitton†
Université de Bordeaux

ABSTRACT

L'industrie utilise la réalité virtuelle pour tester et concevoir des solutions d'ingénierie en amont du prototypage physique. Les systèmes d'annotations leur permettent de capturer des idées, des observations, des remarques qui peuvent émerger durant des sessions de travail collaboratif. De plus, grâce à la flexibilité du numérique, il est facile de directement lier ce type d'information (les annotations) aux composants virtuels de la maquette numérique. Le bémol est que ces annotations restent dans l'environnement virtuel, si d'autres acteurs du projet veulent accéder à ces annotations, ils sont obligés de "retourner" dans l'environnement virtuel.

Nous proposons un nouveau système d'annotation réellement utilisable en réalité virtuelle. Le design de notre système a pour ambition de faciliter la circulation de l'information entre le monde physique et les environnements virtuels. Pour cela, notre conception repose sur deux aspects principaux. Premièrement, la représentation des données afin de permettre l'accessibilité et la modification des annotations depuis le monde physique et l'environnement virtuel. Deuxièmement, l'interface a été conçue pour renforcer l'impression d'emmener des documents du monde physique dans le monde virtuel et vice-versa. Notre contribution est illustrée par l'implémentation d'une preuve de concept.

Index Terms: K.6.1 [Management of Computing and Information Systems]: Project and People Management—Life Cycle; K.7.m [The Computing Profession]: Miscellaneous—Ethics

1 INTRODUCTION

Durant les revues collaboratives de maquettes numériques en réalité virtuelle (RV), des observations ou de nouvelles idées émergent. Les experts d'Airbus Group utilisent des systèmes d'annotations pour pouvoir compléter l'environnement virtuel (EV) de ces informations. Cela leur permet de les sauvegarder dans le contexte courant. Il est possible d'utiliser différents moyens pour sauvegarder ces informations comme du texte, des photos, des vidéos, des dessins... Par exemple, un expert peut prendre en photo un composant en particulier et dessiner sur la photo pour mettre en évidence une partie de ce composant.

Une des limitations de ce genre de technique est que cette information, qui vient d'être ajoutée, est difficilement accessible depuis le monde physique. À la réunion suivante, lorsqu'il faudra faire un compte-rendu de la revue précédente, il sera nécessaire que l'un des experts retranscrive toutes les annotations qui ont été créées durant la session dans un rapport accessible pendant la réunion. Cela nécessite du temps et complexifie le processus industriel. En plus de perdre le contexte de ses annotations, des erreurs de retranscription peuvent en découler.

Dans la littérature, un grand nombre de systèmes d'annotations ont été élaborés. Mais peu sont ceux qui permettent d'accéder aux

*e-mail: damien.clergeaud@inria.fr

†e-mail: pascal.guitton@inria.fr

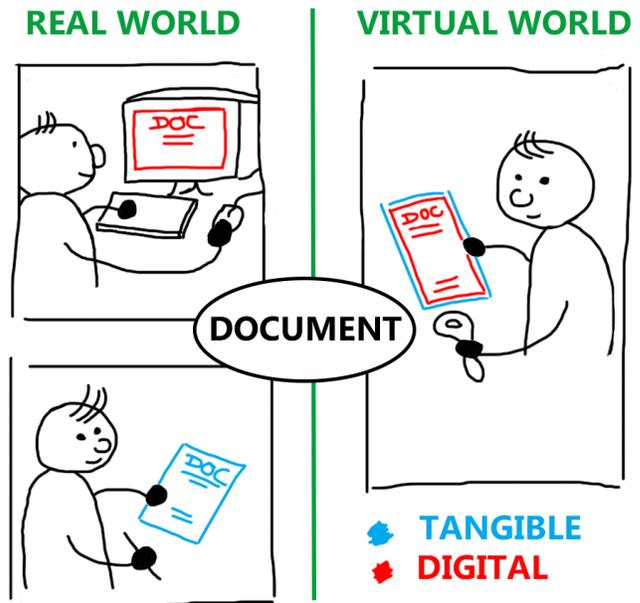


Figure 1: Nous proposons de fournir un nouvel outil d'annotation qui permet d'accéder et d'éditer des documents numériques en RV.

annotations en dehors de l'EV. Nous présentons l'état de l'art dans la partie suivante.

Dans cet article, nous allons présenter un nouveau système d'annotation qui permet de faire circuler l'information entre le monde physique et l'EV plus facilement. Nous pensons que ce genre de système d'annotation pourra fluidifier et faciliter l'utilisation de la RV dans des processus industriels existants et complexes.

2 ÉTAT DE L'ART

Les environnements virtuels permettent de contenir toutes formes d'informations. Dans un premier temps, nous allons explorer comment un EV peut contenir et mettre en scène différents types d'information. Ensuite, nous nous intéresserons aux différents systèmes d'annotations qui permettent aux utilisateurs d'ajouter du contenu dans un EV. Enfin, nous finirons par nous intéresser aux systèmes qui permettent d'accéder à l'information de différentes manières.

2.1 Environnement virtuel et information abstraite

En 2003, Bowman et al. définirent les environnements virtuels riches en informations [3]. On distingue les informations abstraites et les informations perceptuelles qu'un EV peut fournir. Les informations perceptuelles sont simplement les informations qui sont perceptibles par les utilisateurs immergés dans l'EV. C'est-à-dire, les informations de formes, de couleurs, de distances... Les informations abstraites sont les informations qui nécessitent une autre modalité pour être communiquées. Par exemple, un label positionné

à côté d'un objet virtuel permet de préciser le nom de cet objet. Cela n'empêche pas d'utiliser la couleur de l'objet pour communiquer une information abstraite comme le prix de cet objet. Les informations abstraites peuvent aussi être appelées les méta-données.

Dans l'article [3], Bowman et al. donnent différentes recommandations à suivre dès que l'on veut ajouter des informations abstraites à un EV.

Où positionner l'information abstraite? Il y a 4 manières de définir la position de l'information abstraite dans un EV :

- dans le **référentiel de l'environnement**: l'information est placée de manière absolue. Cela peut permettre de décrire une zone de l'environnement ou un objet qui reste immobile. Par exemple, cela peut correspondre à des panneaux de circulation qui permettent de supporter la navigation dans l'environnement.
- dans le **référentiel d'un objet de l'environnement**: l'information est explicitement liée à cet objet. C'est-à-dire que si l'objet est déplacé, l'annotation se déplace avec l'objet. Certains algorithmes permettent de placer automatiquement une annotation par rapport à un objet afin que celle-ci soit lisible depuis le point de vue de l'utilisateur [14].
- dans le **référentiel du dispositif d'affichage**: l'information est plus facilement accessible par l'utilisateur. Par contre, la relation entre l'information et l'environnement est moins évidente. Cette technique se prête plus à des applications pour ordinateur de bureau.
- dans le **référentiel de l'utilisateur**: l'information reste attachée à la position de l'utilisateur dans l'EV. S'il navigue dans l'environnement, l'information reste accessible à proximité de lui.

La position dans le temps est aussi à considérer. Certains environnements virtuels varient au cours du temps, une information peut alors être pertinente que durant un certain laps de temps. Dans ce cas, la fenêtre de temps ainsi que ses autres paramètres de position devront être définis par les utilisateurs [1].

Quelle relation entre l'information abstraite et l'environnement? Nous pouvons constater que dans le cas où l'information est directement placée dans l'environnement ou en relation à un objet de la scène, le lien entre l'information et l'environnement est **explicite**.

Inversement, dans le cas où l'information s'affiche dans une fenêtre supplémentaire qui est définie dans le référentiel de l'utilisateur, le lien entre l'information et l'environnement est alors **implicite**.

Quel niveau d'agrégation est le plus adapté? Toutes les méta-données d'un objet virtuel n'ont pas besoin d'être accessibles de la même manière. Il est même conseillé d'adapter le médium à l'information. Par exemple, un label permet simplement d'afficher le nom d'un objet alors qu'une vidéo sera plus facilement accessible dans une fenêtre dans le référentiel de l'utilisateur après avoir sélectionné l'objet en question.

L'information abstraite peut aussi être accédée indépendamment de l'EV. Par exemple, l'utilisateur peut avoir accès, dans une fenêtre supplémentaire, à une base de données regroupant toutes les informations abstraites contenues dans l'environnement. Dans ce cas, l'EV a le rôle d'un index vis-à-vis de la base de données. Au lieu d'utiliser le moteur de recherche de la base de données pour accéder à une information, l'utilisateur peut naviguer dans l'EV afin d'atteindre l'objet lié à l'information qui l'intéresse. Inversement, la base de données peut permettre de trouver un objet dans l'environnement.



Figure 2: Un utilisateur en train d'écrire un message avec le Virtual Notepad.

Si l'utilisateur veut découvrir la position d'un composant avec son contexte, il sélectionne le composant dans la base de données et il est alors guidé ou téléporté jusqu'au composant en question.

Comme les filtres en base de données, les Magic Lenses proposées par [2] sont des filtres manipulables qui permettent de percevoir l'EV différemment. Chaque filtre augmente la perception de l'environnement avec des informations supplémentaires.

2.2 Les systèmes d'annotations

Les premiers systèmes d'annotations furent conçus dans les années 90. Bien que les environnements virtuels en question n'étaient pas forcément immersifs, les fonctionnalités et l'architecture restent les mêmes que dans les systèmes d'annotations contemporains.

Les premiers systèmes d'annotations permettaient d'enregistrer des annotations vocales [7, 16]. La qualité des écrans limitait l'affichage du texte à une certaine distance dans l'EV, et ceci est d'autant plus vrai pour les systèmes immersifs de l'époque. Dans le système de Harmon et al. [7], les utilisateurs peuvent créer deux types d'annotations :

- Annotation liée à un objet : celle-ci sera représentée par un marqueur 3D proche de l'objet annoté. Le marqueur et l'objet seront liés graphiquement par un trait. L'utilisateur doit placer le marqueur 3D dans la scène afin que l'objet virtuel annoté reste visible.
- Annotation liée à un point de vue : cela génère un marqueur 3D à la position et orientation de l'utilisateur lors de l'enregistrement de l'annotation.

L'utilisateur a accès à un menu offrant différentes options comme afficher ou non les annotations dans l'environnement, éditer, lire et enregistrer des annotations, etc. Ce système a été testé sur des applications de visualisation de données 3D et une application de visite virtuelle.

En 1998, Poupyrev et al. concurent le Virtual Notepad [15]. Le Virtual Notepad permet d'utiliser l'écriture manuscrite comme entrée pour prendre des annotations. Une tablette graphique et un stylo sont suivis via un système de tracking afin d'être visible dans l'EV (figure 2), permettant de dessiner et d'écrire sur des documents virtuels, des pages blanches ou des photos.

La même année, [5] proposèrent le premier EV collaboratif afin de permettre le travail collaboratif : DIVE ("Distributed Interactive Virtual Environment"). DIVE permet à plusieurs utilisateurs de se réunir dans un EV qui représente une salle de réunion. Cet environnement est persistant. C'est-à-dire que si un utilisateur laisse

une note dans l'environnement, un second utilisateur pourra accéder à cette note en se connectant ultérieurement, si personne d'autre n'a supprimé la note. Pour prendre des notes, les utilisateurs peuvent écrire du texte dans leur notebook. Le texte est automatiquement copié dans un fichier en local afin que l'utilisateur puisse récupérer ses notes après la session sur son ordinateur. Techniquement, dès que l'utilisateur veut éditer ou lire du texte dans le notebook, une seconde fenêtre s'ouvre.

Les utilisateurs peuvent aussi laisser des PostIt dans l'environnement. Ces PostIt permettent de capturer du texte, des liens hypertexte web ou un point de vue. Si un utilisateur sélectionne un PostIt comportant un point de vue, il est directement téléporté à la position et orientation de l'utilisateur qui a créé la note.

D'autres environnements virtuels collaboratifs virent le jour pour permettre à des utilisateurs de travailler de manière asynchrones à distance [4, 8]. Les annotations proposées dans la contribution de Craig et al. complète l'EV avec des formes géométriques. Les utilisateurs peuvent :

- placer des flèches en sélectionnant des surfaces dans l'environnement ;
- placer des symboles ; les symboles sont des formes géométriques simples qui permettent d'expliquer visuellement une idée ou un concept. Par exemple, une composition de cercle et de flèche pour expliquer que l'objet entouré devrait se trouver à un autre emplacement indiqué par la flèche. Pour placer ces symboles, l'utilisateur doit définir un point de vue afin que les autres utilisateurs puissent comprendre pleinement l'annotation.
- générer des formes 3D ; les utilisateurs peuvent extruder des points depuis des surfaces existantes et les relier. Cela permet de créer des formes géométriques basiques pour expliquer une idée. Par exemple, un utilisateur a dessiné un bloc pour symboliser qu'il fallait ajouter un bureau dans la pièce.

Les techniques d'annotations proposées par Jung et al. sont plus classiques:

- disposer des notes textuelles : les utilisateurs peuvent placer des notes textuelles lisibles dans une fenêtre secondaire. Dans l'EV, elles prennent la forme d'une sphère dont la couleur est liée à l'auteur. Dans la fenêtre secondaire, les notes sont classées par dates d'ajout et par auteurs. Cela permet d'avoir une idée du déroulement des discussions et des décisions.
- dessiner sur les surfaces de l'environnement ou directement sur le point de vue : cela peut être utile pour expliquer qu'il faut modifier ou déplacer un objet virtuel. Dessiner directement sur le point de vue nécessite que l'utilisateur fixe son point de vue et le garde afin que d'autres utilisateurs puissent y accéder. Dans ce cas, il est possible de dessiner sur le point de vue.

En 2006, Osman et al. proposèrent une application qui permet d'annoter des objets 3D en dessinant sur leur surface [11]. Cette application a été développée pour promouvoir le design d'un système immersif : DIVINE. Le système d'application permet de dessiner dans l'espace en laissant une trace ou de dessiner directement à la surface des objets 3D.

Dans les travaux qui suivirent, l'effort se concentra sur la structuration des annotations plutôt que sur le design des techniques d'interactions qui permettent aux utilisateurs d'ajouter des annotations. En 2008, Kleinermann et al. proposèrent la notion d'annotation sémantique [9]. Ces annotations sont directement liées à l'architecture de la scène 3D. C'est-à-dire que si une annotation est liée à un objet virtuel, pour les sous-objets virtuels constituant cet objet, l'annotation est aussi liée. De plus, si l'EV permet de faire

des regroupements d'objets virtuels, les annotations peuvent être appliquées directement à un groupe.

En 2009, Lenne et al. proposèrent d'ajouter des tags aux annotations que les utilisateurs créaient [10]. Ce système de tag permet d'appliquer des règles ou des filtres afin d'afficher certaines annotations dans l'environnement.

Guerreiro et al. proposèrent de structurer les annotations comme des arbres de décisions [6]. Lorsqu'un utilisateur crée une annotation, son message devient la racine de l'arbre. Si un autre utilisateur souhaite ajouter de l'information, il doit créer un nœud fils à des nœuds existants de l'arbre. De plus, il a le choix du type de contribution en utilisant un nœud Pro, Con ou Info. Le nœud Pro sert à manifester son accord avec le message parent, le nœud Con sert à exprimer le désaccord et enfin le nœud Info sert juste à ajouter de l'information sans prendre de position dans le processus de décision. Ce système d'annotation a servi dans un EV qui supporte le design d'une station pétrolière.

2.3 Circulation de l'information en dehors de l'EV

Le processus d'annotation s'inscrit dans un processus plus global. Généralement, s'immerger en RV permet d'adopter des points de vue différents sur l'état d'un projet. Les annotations, à ce moment-là du processus, servent à garder une trace des réactions et décisions qui peuvent émerger. Mais avant cette phase d'immersion, il existe une quantité non-négligeable d'informations liées au projet. Il est parfois nécessaire que durant la phase d'immersion, ces informations soient accessibles à travers l'EV. Inversement, toutes les annotations, ajoutées et modifiées pendant l'immersion, pourraient être accessibles via différentes modalités (base de données, rapport PDF, ...) après la session. Pick et ses collègues ont conçu un modèle d'architecture de système d'annotations afin de pouvoir accéder, éditer et créer des annotations indépendamment de la modalité d'interaction [12]. Pour mettre en application ce principe, ils ont développé un système destiné à l'agencement d'usine. Ce système comporte une table interactive qui permet de disposer les différents modules de l'usine sur un plan 2D (vue de dessus), et comporte un CAVE qui permet de visiter l'usine afin de vérifier si l'agencement convient. Les annotations sont stockées directement sur une base de données afin que les utilisateurs puissent accéder aux annotations depuis la table interactive, après leur création en RV. L'EV est aussi accessible via n'importe quel navigateur web afin de pouvoir retrouver les annotations qui s'y trouvent.

2.4 Discussion

Un grand nombre de systèmes d'annotations ont été conçus pour permettre à des utilisateurs immergés de sauvegarder leurs idées et observations. Les techniques et les moyens d'annoter permettent d'éditer n'importe quel type d'annotation. Mais dans tous ces cas, l'EV est au centre du contexte. Les utilisateurs collaborent via l'EV afin de partager leurs réflexions et faire avancer le projet. Or, dans la plupart des industries, les environnements virtuels ne sont que des outils supplémentaires afin de tester leur design. Contraindre les utilisateurs à devoir retourner dans l'EV, même de manière non-immersive, pour récupérer de l'information est coûteux en temps. Seules deux contributions évoquent la notion de faire exister ces annotations en dehors de l'EV. Le DIVE permet de prendre des notes dans un fichier texte qui peut être conservé par les utilisateurs à la fin de la session [5], et le système d'agencement d'usine de Pick et al. qui stocke les données de l'EV avec ses annotations sur une base de données accessible via différentes modalités d'interactions comme un CAVE, une table interactive ou simplement un ordinateur de bureau [12].

La vision de centraliser tous les projets d'une entreprise sur une base de données accessible par les utilisateurs est idéale. Mais ce type de projet est à l'échelle d'une entreprise, ce qui demande un effort considérable à mettre en place. Notre contribution se

place comme une alternative plus réaliste, inspiré des habitudes d'annotations quotidiennes du monde réel.

3 DESIGN DU SYSTÈME D'ANNOTATION

3.1 Partir en expédition

Notre problématique de conception est de permettre aux annotations générées pendant une session de RV d'être facilement accessibles depuis n'importe quel endroit (monde physique comme l'EV), et ainsi faciliter l'intégration de la RV dans des processus industriels existants. Comme nous l'avons vu dans la section précédente, les systèmes présents dans la littérature se concentrent sur comment peupler l'EV avec des annotations, sans trop se soucier de leur accessibilité.

Avant d'essayer de proposer une solution ex nihilo, intéressons-nous aux procédures que suivent les experts en aéronautique avant l'utilisation de la RV. Après avoir énoncé le problème et proposé des solutions dans une salle de réunion, les experts, ou les opérateurs, vont dans le bâtiment d'assemblage pour tester leurs solutions directement sur le prototype ou la maquette physique. Après cette étape, les experts retournent dans la salle de réunion pour conclure sur la situation, et attaquent le problème suivant...

Finalement, la RV a juste remplacé ces "expéditions de terrain". Faire une session de RV, c'est comme sortir de la salle de réunion pour aller à un autre endroit qui permet de supporter la tâche en cours. Par conséquent, pour concevoir un système d'annotation efficace, nous avons besoin de comprendre comment ces experts prennent des annotations lorsqu'ils partent en expédition.

On peut distinguer deux types d'annotations dans cette situation :

- Annotations dans l'environnement : le but des annotations dans l'environnement est généralement d'aider à la navigation. Si vous laissez une indication au bord de votre route, c'est pour guider ou aider la personne qui passera par le même chemin après vous. La seconde principale raison est d'expliquer des propriétés locales de l'environnement, comme préciser la nature d'une plante, ou l'histoire d'un bâtiment. Mais toutes ces annotations ne sont accessibles que directement à l'endroit où elles sont affichées.
- Annotations sur un bloc-note : la prise de note sur un bloc-note a pour vocation d'être conservée avec soi pour être accessible ultérieurement. Généralement, nous notons des observations, des mesures, des dessins et des croquis afin de pouvoir les analyser ou les relire plus tard quand nous serons rentrés à notre bureau.

En résumé, les annotations dans l'environnement ont vocation à être accessible directement dans l'environnement, alors que les annotations sur un bloc-note sont faites pour être conservées afin d'être utilisées dans un second temps.

Si nous voulons que les annotations durant une session de RV soient accessibles tout au long du processus industriel, notre système d'annotation doit avoir les fonctionnalités d'un bloc-note. Les utilisateurs devront pouvoir lire et éditer ce bloc note dans leur bureau comme en RV.

Pour ce faire, nous avons divisé la conception en deux parties. La première s'intéresse à comment représenter l'information afin de la rendre facilement et concrètement utilisable depuis un ordinateur de bureau et depuis un EV. La seconde partie se concentre sur l'interface qui va permettre de rendre la transition la plus intuitive possible, pour donner l'impression d'emmener ces documents dans l'EV.

3.2 Gestion de l'information

L'une des meilleures façons de rendre une information accessible depuis différents dispositifs ou outils est de séparer la façon dont est stockée l'information, de la façon dont elle est présentée. Modèle-Vue-Contrôleur est un modèle d'architecture logiciel conçu pour

ce genre de problème. Ce modèle a été utilisé dans la conception du système qui centralise l'EV et ses annotations sur une base de données [13]. Dans ce cas, l'EV est au centre du projet. Dans notre cas, nous voulons que ce soit l'information qui soit au centre, car l'EV est juste un endroit où les idées de conception peuvent être testées avant d'être implémentées physiquement.

Pendant les processus industriels, les experts communiquent avec des documents PDF ou Word. Nous avons donc décidé de stocker les annotations dans un document XML. Le point fort des documents XML est qu'ils sont facilement accessibles et éditables depuis un ordinateur de bureau avec un logiciel d'édition de texte. Généralement, chaque projet a son rapport ou document dédié. Ce genre de document est extensible, imprimable, facile à partager. Nous proposons juste d'étendre son rayon d'usage à la RV en concevant un outil qui permet d'accéder et d'éditer directement dans un EV un fichier XML comportant des informations de types textes, images et vidéos.

Dans notre scénario, le document est généralement créé avant la session en RV. Dans l'industrie, ce document comporte des spécifications techniques, des procédures d'assemblages, etc. Pour la session en immersion, des indications sur les différentes tâches à réaliser ou pour guider l'utilisateur peuvent aussi être ajoutées au document.

En étendant l'usage du document XML à la RV, il peut ainsi servir de sauvegarde ou d'historique des activités. Toutes les commandes réalisées par l'utilisateur peuvent ainsi être sauvegardées afin d'être rejouées dans un second temps afin de mieux comprendre le processus de décision. Néanmoins, ces informations ne pourront être accessibles que depuis l'EV.

Maintenant, intéressons nous à l'outil en RV qui permet d'interagir avec ce document.

3.3 L'interface

Pour utiliser des documents en RV, il est nécessaire de concevoir une technique d'interaction dont la métaphore reste proche de celles utilisés dans le monde physique. Nous avons donc décidé de s'inspirer du Virtual Notepad de [15].

Le principal avantage de ce genre d'interface est son caractère tangible. Nous pensons qu'utiliser une interface tangible peut augmenter la sensation d'emmener le document existant en RV.

Mais tenir le bloc-note pendant la session contraint les mouvements de l'utilisateur et le nombre d'outils qu'il peut prendre avec lui. Par exemple, cela l'empêche de tenir des contrôleurs, bien qu'ils restent la manière la plus conventionnelle d'utiliser une application de RV. Poser le bloc-note par terre ou sur une table dans le volume d'interaction ne sont pas de bonnes options. Sur le sol, ça demande trop d'effort et entraîne un risque de trébuchement. Mettre une table dans le volume d'interaction diminue l'immersion, la table devenant une ancre dans le monde réel.

Afin de résoudre ce problème, nous nous sommes inspirés du comportement des objets dans l'EV. Un objet virtuel peut être utilisé sans lui appliquer la gravité. C'est-à-dire, que l'utilisateur, après usage, peut laisser l'objet flotter dans les airs à proximité de lui afin de le récupérer plus tard. Cette propriété est confortable pour les utilisateurs. Il serait très intéressant de pouvoir appliquer cette propriété à notre bloc-note. Nous pensons qu'un objet tangible qui a la propriété de flotter ne devrait pas déranger les utilisateurs, car ils le perçoivent depuis l'EV. On peut penser aux astronautes qui arrivent bien à interagir avec des objets dans une station spatiale internationale.

Même si le bloc-note peut flotter dans les airs, il peut encore gêner durant des tâches manuels dans l'EV. En effet, comme il est tangible, les utilisateurs peuvent accidentellement le heurter. Toujours en s'inspirant des propriétés des objets virtuels, ce problème est résolu si le bloc-note peut disparaître et apparaître sur demande comme un objet virtuel que l'on active ou pas.

Nous pensons qu'affecter des propriétés d'objets virtuels à une

interface tangible peut augmenter l'immersion de l'utilisateur et ainsi faciliter sa présence dans l'EV.

Nous verrons dans la partie suivante comment nous avons résolu techniquement ces décisions de conception par rapport à l'interface du bloc-note.

4 IMPLÉMENTATION

Dans cette partie, nous présentons l'implémentation de notre prototype. Pour donner un cadre au développement de notre preuve de concept, voici le type de scénario que doit permettre notre système d'annotation :

- Emmener le document en RV après avoir été créé et compléter sur un ordinateur de bureau.
- Compléter le document depuis l'EV avec des annotations. Les utilisateurs doivent pouvoir exprimer leurs observations ou leurs idées à travers les différentes techniques de prises de notes proposées.
- Ramener le document au bureau. Le document avec les annotations ajoutées pendant la session dans l'EV est accessible depuis un ordinateur de bureau.

4.1 Apparatus

Pour développer le prototype de notre système d'annotation, nous avons utilisé un casque de RV, HTC Vive, avec un système de tracking optique Optitrack. Le système de tracking est utilisé pour suivre l'interface tangible du bloc-note. Le casque et les contrôleurs sont suivis grâce au système de tracking du HTC Vive. La simulation est développée avec Unity 5.5¹. Nous avons utilisé le plugin SteamVR² et le framework VRTToolkit³ pour implémenter les mécaniques d'interactions. L'ordinateur utilisé pour les démonstrations est un ordinateur de jeux vidéo (Intel Core I7 @ 4,0 Ghz, 16 Go Nvidia GTX 1060).

4.2 Le document XML

Pour l'implémentation de notre document XML, nous avons décidé de concevoir notre propre format XML afin de pouvoir supporter notre scénario facilement. Donc, nous avons conçu le format du document afin de pouvoir décrire une procédure industrielle. Une procédure est une suite de tâches (*task*), et chaque tâche peut avoir des sous-tâches. Une tâche contient un titre (*title*) et une description (*description*). Nous avons aussi créé un noeud note (*note*) sachant que chaque tâche peut avoir plusieurs notes. Les notes sont ajoutées dans l'ordre de création. Chaque note contient un type (*type*), un auteur (*author*), une date de création (*creation-date*) et un contenu (*content*). Le contenu dépend du type de la note. Un exemple de tâche avec une sous-tâche et une note est présentée à la suite.

```
<task>
  <title> ... </title>
  <description> ... </description>
  <task>
    ...
  </task>
  <note>
    <type> ... </type>
    <author> ... </author>
    <creation-date>...</creation-date>
    <content> ... </content>
  </note>
</task>
```

¹<https://unity3d.com>

²<https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/32657>

³<https://vrtoolkit.readme.io/>

De plus, nous avons décidé d'utiliser notre propre format XML, car chaque format de document XML est traduisible dans un autre format à l'aide d'un fichier XSLT. Un fichier XSLT est un fichier XML qui contient toutes les règles nécessaires à convertir un format XML dans un autre format XML. De cette manière, il est possible de convertir un fichier PDF en une page HTML ou inversement. Dans notre cas, nous avons construit un fichier XSLT qui permet de lire le document dans un format HTML.

En RV, le document est directement affiché à l'aide d'éléments interactifs d'UI présent dans Unity. Simplement, chaque tâche et chaque note sont des UI Button, ainsi, ils peuvent être déclenchés pour interagir avec le document.

4.3 Ajouter des annotations aux documents

Le document est donc affiché dans l'EV. La manière de gérer la création d'annotation est contextuelle. Pour ajouter une note à une tâche, les utilisateurs ont juste à sélectionner la tâche en question sur le document à l'aide du rayon virtuel. Ainsi, toutes les notes qui seront créées, seront ajoutées à la suite de cette tâche, jusqu'à ce que les utilisateurs sélectionnent une autre tâche.

Pour ce premier prototype, nous avons implémenté les techniques d'annotations qui nous semblaient indispensables. Celles-ci sont de type :

- Texte : les annotations textuelles sont le moyen le plus simple de partager de l'information sur un document. Afin de permettre aux utilisateurs immergés d'éditer du texte, nous avons intégré un clavier virtuel. Cette technique n'est pas efficace pour rédiger de longs paragraphes. Mais cela permet d'écrire de simples phrases ou mots afin de se souvenir rapidement d'une idée ou d'une remarque.
- PostIt : un PostIt est un bout de surface (un quad) sur lequel les utilisateurs peuvent dessiner à l'aide d'un crayon virtuel. Il peut être placé n'importe où dans l'EV. Le PostIt reste à l'emplacement où il est laissé par l'utilisateur. Une copie est ajoutée au document. Le document enregistre aussi la position et l'orientation du PostIt dans l'EV, mais cela n'est pas affiché sur le document.
- Photo : les utilisateurs peuvent prendre des photos dans l'EV. La photo est directement ajoutée au document. Les utilisateurs peuvent sélectionner la photo dans le document pour afficher une instance de la photo dans l'EV. Cela leur permet d'utiliser le crayon virtuel pour dessiner à la surface de la photo afin de mettre en évidence une région de celle-ci. La photo est directement mise à jour sur le document après chaque modification (figure 3).
- Vidéo : les utilisateurs peuvent prendre des vidéos dans l'EV. Celles-ci sont directement ajoutées à la tâche actuelle.

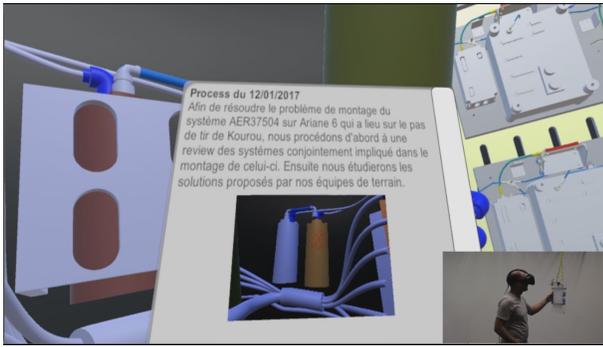


Figure 3: Point de vue de l'utilisateur en train de regarder le résultat de l'ajout de sa photo d'un composant au document.

Parfois, ces annotations ne suffisent pas à exprimer les idées qui émergent durant ces sessions. Par conséquent, nous avons aussi ajouté des techniques qui permettent de directement annoter l'EV malgré le fait que ces techniques ne puissent pas être directement ajoutées au document. Notre système supporte le dessin :

- sur les surfaces des objets virtuels : chaque surface des objets de l'EV permet de dessiner dessus. Les utilisateurs ont juste à activer le crayon virtuel. Cela permet de mettre en évidence certaines géométries de l'EV (figure 4).
- 3D dans l'espace : les utilisateurs peuvent directement dessiner dans l'espace comme c'était le cas avec le système [11]. Cela permet de dessiner grossièrement des formes 3D dans l'environnement (figure 5).

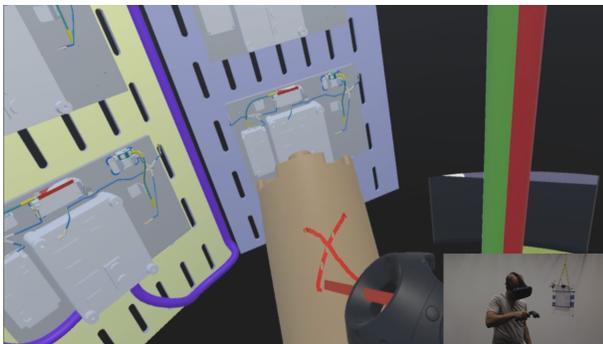


Figure 4: Point de vue de l'utilisateur en train de dessiner sur un composant.

Les dessins sont sauvegardés dans le document, mais ne sont pas visibles directement sur celui-ci. Il faut ouvrir le document dans l'EV afin de pouvoir accéder à nouveau à ce type d'annotation. Pour les rendre visibles dans le document, les utilisateurs ont simplement à prendre une photo ou une vidéo des dessins réalisés.

4.4 Implémentation du bloc-note tangible

Pour implémenter nos idées présentées dans la section Design, nous avons utilisé une planche de plexiglas pour jouer le rôle du bloc-note. À l'aide du système de tracking optique, la planche de plexiglas est suivie, et permet de contrôler la position du document dans l'EV.

Nous nous sommes inspirés du monde du spectacle vivant pour pouvoir donner les propriétés de flottaison et de disparition au bloc-note. Dans un théâtre, la scène est équipée afin de pouvoir facilement et rapidement permuter les décors pendant un spectacle. Une des

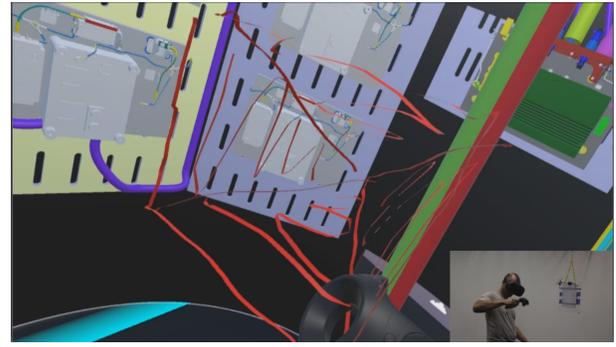


Figure 5: Point de vue de l'utilisateur en train de dessiner dans l'espace.



Figure 6: Photo d'un utilisateur en train d'utiliser le bloc note.

techniques utilisée est d'attacher une pièce de décor avec une corde noire au plafond. Avec un système de poulie, il est alors facile d'ajuster la hauteur du décor, et lui donner l'impression de voler. Enfin, pour faire disparaître le décor, il suffit de le coller au plafond en tirant au maximum sur la corde.

Par conséquent, nous avons attaché la planche de plexiglas au plafond à l'aide d'une corde. En tirant sur la corde, il est possible d'ajuster la hauteur du bloc-note. Pour le faire disparaître, il suffit de tirer sur la corde afin de mettre le bloc-note hors de portée de l'utilisateur. Dans cette version, la hauteur du bloc-note est contrôlée par une tierce personne. Mais il est concevable de réaliser une version automatisée de cette technique directement contrôlable via la simulation.

Pour les contrôleurs, nous avons implémenté un système similaire à celui du bloc-note pour permettre aux utilisateurs de pouvoir libérer leurs mains. Ici, l'inspiration nous est venue de la ceinture à outils des plombiers. Leurs outils sont disposés spatialement autour de leur ceinture ou dans les poches de leur pantalon. Mais dans notre cas, les utilisateurs ne peuvent pas voir leur corps, car ils portent un casque. Donc, les contrôleurs sont attachés à la ceinture de l'utilisateur à l'aide d'un lien rétractable qui empêche de faire tomber les contrôleurs et qui permet de les garder au niveau de la ceinture. La figure 6 montre le dispositif tangible.

5 DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans cet article, nous avons proposé une technique d'interaction qui permet d'accéder à et d'éditer des documents XML en RV afin de supporter la prise d'annotation. Cela permet de faciliter la circulation de l'information entre l'EV et le monde physique. Inspiré par le Virtual Notepad [15], notre technique d'interaction unifie la

métaphore du bloc note (interface tangible en RV) et comment l'information est stockée (document XML).

L'interface que nous avons conçue est proche de sa métaphore, mais il est possible d'aller encore plus loin. À l'heure actuelle, le document est comme un menu interactif dans l'EV. Une manière simple d'améliorer cette technique serait d'y ajouter une interface pour manipuler un crayon, et ainsi permettre une manière plus intuitive d'écrire à la main ou de dessiner. Le crayon ou stylo pourrait être attaché au bloc note avec un aimant.

Nous n'avons pas pu faire de tests utilisateurs complets de cette interface, mais nous avons échangé avec nos partenaires à Airbus Group. Le fait de pouvoir prendre des annotations et de pouvoir y accéder facilement depuis un ordinateur de bureau satisfait leurs attentes. Par contre, malgré le côté intuitif de l'interface tangible, celle-ci n'est pas efficace sur le long terme. C'est très pratique pour expliquer la première fois comment manipuler le document, car l'interface a une représentation dans le monde physique proche de sa métaphore. Mais elle n'est pas nécessaire pour prendre des annotations et gérer le document dans l'EV.

Ce design peut être étendu pour supporter des scénarios collaboratifs synchrones. À l'heure actuelle, le nom de l'auteur est lié à chaque modification, ce qui permet la collaboration asynchrone. Si le document pouvait être lu et édité sur plusieurs clients différents en même temps, cela pourrait permettre à des experts dans une salle de réunion de compléter le document pendant qu'un opérateur immergé le remplit d'annotations.

De plus, la conception n'est pas liée à une implémentation particulière. Cette technique peut être adaptée aux CAVE. Une tablette pourrait faire office de bloc-note dans cette situation.

REFERENCES

- [1] I. Assenmacher, B. Hentschel, C. Ni, T. Kuhlen, and C. H. Bischof. Interactive data annotation in virtual environments. In *EGVE*, pp. 119–126, 2006.
- [2] E. A. Bier, M. C. Stone, K. Pier, W. Buxton, and T. D. DeRose. Tool-glass and magic lenses: the see-through interface. In *Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pp. 73–80. ACM, 1993.
- [3] D. A. Bowman, C. North, J. Chen, N. F. Polys, P. S. Pyla, and U. Yilmaz. Information-rich virtual environments: theory, tools, and research agenda. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pp. 81–90. ACM, 2003.
- [4] D. L. Craig and C. Zimring. Support for collaborative design reasoning in shared virtual spaces. *Automation in construction*, 11(2):249–259, 2002.
- [5] E. Frécon and A. A. Nöu. Building distributed virtual environments to support collaborative work. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pp. 105–113. ACM, 1998.
- [6] T. J. Guerreiro, D. Medeiros, D. Mendes, M. Sousa, J. A. Jorge, A. Raposo, and I. H. dos Santos. Beyond post-it: Structured multimedia annotations for collaborative ves. In *ICAT-EGVE*, pp. 55–62, 2014.
- [7] R. Harmon, W. Patterson, W. Ribarsky, and J. Bolter. The virtual annotation system. In *Virtual Reality Annual International Symposium, 1996., Proceedings of the IEEE 1996*, pp. 239–245. IEEE, 1996.
- [8] T. Jung, M. D. Gross, and E. Y.-L. Do. Annotating and sketching on 3d web models. In *Proceedings of the 7th international conference on Intelligent user interfaces*, pp. 95–102. ACM, 2002.
- [9] F. Kleiner mann, O. De Troyer, C. Creelle, and B. Pellens. Adding semantic annotations, navigation paths and tour guides to existing virtual environments. In *International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 100–111. Springer, 2007.
- [10] D. Lenne, I. Thouvenin, and S. Aubry. Supporting design with 3d-annotations in a collaborative virtual environment. *Research in engineering design*, 20(3):149–155, 2009.
- [11] K. Osman, F. Malric, and S. Shirmohammadi. A 3d annotation interface using the divine visual display. In *Haptic Audio Visual Environments and their Applications, 2006. HAVE 2006. IEEE International Workshop on*, pp. 5–9. IEEE, 2006.
- [12] S. Pick, S. Gebhardt, K. Kreisköther, R. Reinhard, H. Voet, C. Büscher, and T. Kuhlen. Advanced virtual reality and visualization support for factory layout planning. *Proc. of Entwerfen Entwickeln Erleben—EEE2014*, 2014.
- [13] S. Pick, S. Gebhardt, B. Weyers, B. Hentschel, and T. Kuhlen. A 3d collaborative virtual environment to integrate immersive virtual reality into factory planning processes. In *Collaborative Virtual Environments (3DCVE), 2014 International Workshop on*, pp. 1–6. IEEE, 2014.
- [14] S. Pick, B. Hentschel, I. Tedjo-Palczynski, M. Wolter, and T. Kuhlen. Automated positioning of annotations in immersive virtual environments. In *Proceedings of the 16th Eurographics conference on Virtual Environments & Second Joint Virtual Reality*, pp. 1–8. Eurographics Association, 2010.
- [15] I. Poupyrev, N. Tomokazu, and S. Weghorst. Virtual notepad: handwriting in immersive vr. In *Virtual Reality Annual International Symposium, 1998. Proceedings., IEEE 1998*, pp. 126–132. IEEE, 1998.
- [16] J. C. Verlinden, J. D. Bolter, and C. A. Van der Mast. Virtual annotation: Verbal communication in virtual reality. Technical report, Georgia Institute of Technology, 1993.