

UNIVERSITÉ BORDEAUX 1

MASTER 1 BIOINFORMATIQUE

RAPPORT DE STAGE

HoloViz

Anamorphoses pour la création d'hologrammes

Stage effectué entre le 04/06/2018 et le 31/07/2018

Réalisé par :

Marie ECONOMIDES

Enseignant référent :

Marie BEURTON-AIMAR

Tuteur de Stage:

Pascal DESBARATS

LaBRI

351 cours de la Libération

Talence



Université
de BORDEAUX

Remerciements

Je remercie mon maître de stage, Monsieur Desbarats, pour son accompagnement et ses conseils pendant ces deux mois de stage. Je tiens à le remercier pour m'avoir conforté dans l'idée que la recherche est un monde passionnant où l'on ne cesse d'apprendre, pour avoir attisé ma curiosité en matière d'art ainsi que pour avoir répété au cours de mon stage que "la 3D c'est génial" et que les résultats, même s'ils forment une partie majeure du travail présenté, ont beaucoup moins d'importance que le fait de s'amuser en travaillant.

Je remercie aussi mes deux collègues de stage, Pierre Jacquet et Marc Mongy, pour m'avoir fait partager avec ferveur et sans retenue leurs expériences, leurs diverses connaissances en matière d'art ou de technologies et les avancées sur leur sujet tout au long du stage.

Résumé

Dans le cadre de mon master de bioinformatique à l'Université de Bordeaux, j'ai souhaité réaliser un stage qui me permettrait de préciser mon projet professionnel tout en me donnant l'opportunité de développer mes compétences en informatique acquises depuis ma licence. Mon intérêt pour l'imagerie et le développement m'a poussé vers un stage qui me permettrait de découvrir plus amplement ce domaine ainsi que le monde de la recherche. Lors de ce stage j'ai eu l'opportunité de travailler sur un sujet de visualisation 3D à partir d'anamorphoses. J'ai donc développé des plugins exécutables dans le logiciel ImageJ permettant de créer des hologrammes optiques à partir d'anamorphoses d'une projection d'un objet 3D. Ce rapport présente le travail effectué. Tout d'abord l'algorithme de déformation d'images pour la création d'anamorphoses cylindrique a été implémenté. Par la suite, et sur la base de cet algorithme, des solutions ont été envisagées afin de permettre la création d'hologrammes dans un cylindre transparent puis dans un cône. Une partie très importante de ce stage a porté sur la recherche de solution pour permettre la visualisation d'une image quelque soit la position de l'observateur autour du cylindre.

Sommaire

1	Introduction	6
1.1	Présentation de la structure d'accueil	6
1.2	Contenu du stage	6
1.2.1	Définitions	7
1.2.2	Objectifs	10
1.3	Organisation du travail et outils utilisés	10
2	Conception et Réalisation	11
2.1	Implémentation de l'algorithme pour anamorphose cylindrique	11
2.1.1	Fonctionnement et équations de déformation	11
2.1.2	Résultats obtenus	12
2.2	Évolution 1 de l'algorithme pour hologramme dans un cylindre transparent	13
2.2.1	Équation à mettre en place	13
2.2.2	Résultats obtenus	14
2.3	Visualisation d'un objet quelque soit l'angle de vue	15
2.4	Perspectives	15
3	Conduite de Projet	16
3.1	Méthodologie	16
3.2	Paramètres d'avancement	16
3.2.1	Gestion du temps	16
3.2.2	Interactions et discussion	16
3.2.3	Connaissances développées	16
4	Conclusion	17
4.1	Bilan du projet	17
4.2	Bilan Personnel	17

1 Introduction

Dans le cadre de ma première année de Master de bioinformatique, j'ai effectué un stage au Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique (LaBRI) à Talence du 04 juin au 31 juillet 2018 avec Monsieur Desbarats, Enseignant chercheur au LaBRI. Son travail au sein de l'équipe Image et Son porte sur l'étude de la chaîne d'imagerie, de l'acquisition des images à leur utilisation. Ses recherches sont orientées vers l'imagerie médicale et le développement de techniques d'imagerie adaptées à l'anthropologie numérique et virtuelle. Il s'intéresse plus particulièrement au développement de techniques de visualisation 3D.

Au cours de ce stage, il m'a été demandé de développer des plugins permettant de créer des hologrammes optiques à partir d'anamorphoses d'une projection d'un objet 3D.

Ce rapport présente le travail effectué avec tout d'abord une présentation du contexte dans lequel s'inscrit mon stage. Par la suite, le travail réalisé est présenté et illustré par les résultats obtenus. Pour conclure, la dernière partie présente la méthodologie utilisée pour remplir les objectifs et les différents paramètres ayant eu de l'influence sur le déroulement de mon stage.

1.1 Présentation de la structure d'accueil

Le LaBRI, Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique, est une unité de recherche associée avec le CNRS, UMR 5800, l'Université de Bordeaux, l'INP de Bordeaux et l'Inria. Il est situé à Bordeaux sur le Campus de Talence. Le LaBRI est constitué de plusieurs équipes de recherches:

- **Combinatoire et Algorithmique**
- **Image et Son**
- **Programmation Réseaux et Systèmes**
- **Méthodes formelles**
- **Modèles et Algorithmes pour la Bioinformatique et la Visualisation d'Informations**
- **Supports et Algorithmes pour les Applications Numériques Hautes Performances**

Chacune de ces équipes est divisée en plusieurs axes. Mon stage s'effectue au sein de l'équipe Image et Son dans le thème **traitement et l'analyse d'images**.

1.2 Contenu du stage

Au cours de mon stage, j'ai travaillé sur les anamorphoses pour la création d'hologramme afin de produire une visualisation de scènes et d'objets en 3D. Des algorithmes permettant de produire des anamorphoses cylindriques et coniques ayant déjà été publiés dans des articles, il m'a été possible d'approfondir les travaux déjà existant pour créer, sous forme de plugins exécutables dans le logiciel ImageJ, un module de projection cylindrique et conique d'une scène 3D.

1.2.1 Définitions

Une Anamorphose désigne de manière générale une déformation réversible d'une image via un système optique ou une transformation mathématique. Au cours de la fin du XIVème-début du XVIème siècle, la découverte de la perspective permet de caractériser l'espace en trois dimensions et remet en question l'ensemble des systèmes de représentation du réel. L'utilisation de la perspective et la notion de proportion permet alors de refléter la troisième dimension et de produire des œuvres plus réaliste. En parallèle, la technique artistique d'anamorphose est développée.

Bien qu'il existe plusieurs types d'anamorphose, la caractéristique principale de cette technique artistique est d'observer une scène vue d'un certain point à partir d'une scène de départ déformée. Les trompe-l'œil sont un type d'anamorphose qui illustrent bien ce concept avec les marquages au sol utilisés dans la signalisation routière. L'image au sol est déformée afin que l'utilisateur puisse voir un marquage régulier et correctement proportionné depuis son siège conducteur tel que l'illustre la figure 1.



Figure 1: Illustration d'anamorphose actuelle, Marquage au sol, signalisation routière

Une anamorphose classique célèbre est le tableau *Les Ambassadeurs* (1533) de Hans Holbein le jeune présenté figure 2. Ce tableau présente une vanité visible uniquement en ayant une vue rasante de l'œuvre.

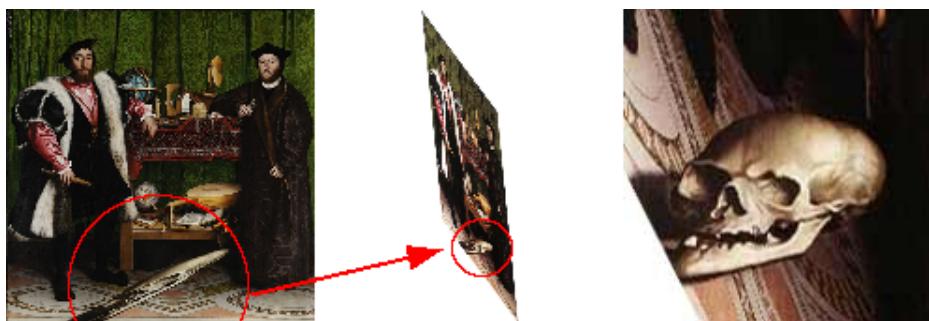


Figure 2: Tableau **Les Ambassadeurs** (1533) de Hans Holbein le jeune et visualisation du crâne caché [1], [2]

Un autre type d'anamorphose fait appel à l'utilisation d'un système optique tel que pour les anamorphoses cylindriques ou coniques. Ce type de système a été particulièrement développé au XVII et XVIII ème siècle pour faire passer des caricatures par exemple.

Les anamorphoses cylindriques sont réalisées grâce à un miroir cylindrique. La projection de l'image de départ déformée sur le cylindre permet d'obtenir une image régulière et correctement proportionnée, figure 12. L'image déformée est contenue dans un arc d'angle inférieur à 180° afin que l'utilisateur puisse bénéficier de la reconstitution complète de l'image.

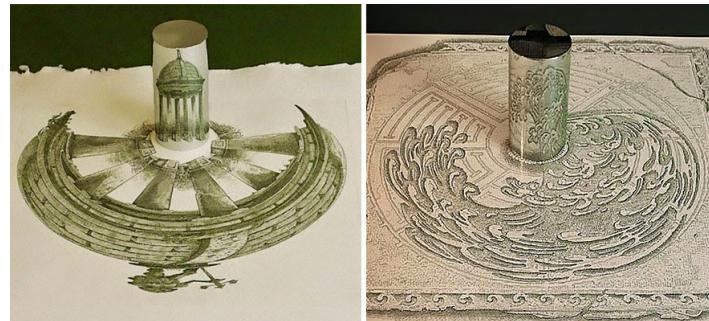


Figure 3: Exemple d'anamorphose cylindrique, [3]

En 1638, Jean-François Nicéron édite *La perspective curieuse*, un des premiers traités consacrés à l'étude des anamorphoses. Dans cette publication, il présente ses recherches sur la perspective et l'optique et présente une grille permettant de construire l'image qui peut être visualisée correctement par projection sur un miroir cylindrique ou conique, e.g. figure 4 A-. Ces travaux se basent sur de l'optique et le cylindre peut être assimilé à un miroir convexe, figure B- 4. Dans son écrit, Nicéron présente la déformation du portrait de Saint François de Paule réalisé par Simon Vouet construite à partir de ce type de grille, figure 5.

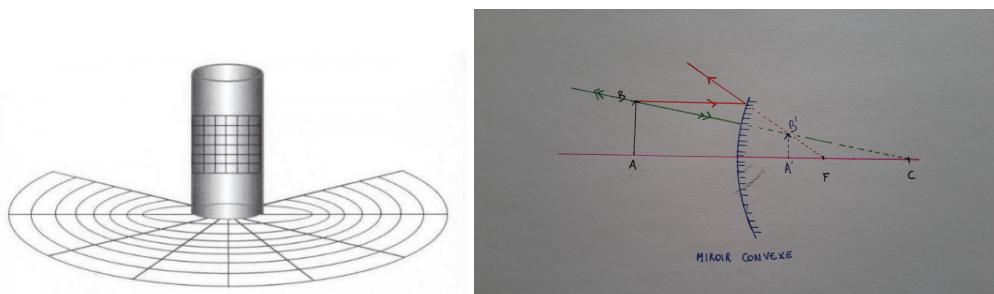


Figure 4: A- Schéma de projection d'une grille anamorphique sur un cylindre, B- Schéma de projection d'un objet sur un miroir convexe

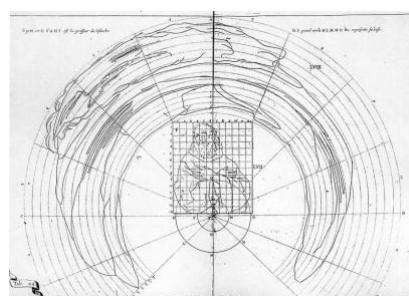


Figure 5: Anamorphose cylindrique du portrait de Saint François de Paule réalisé par Simon Vouet, J. Nicéron 1638

Les anamorphoses coniques sont réalisées grâce à un miroir conique. La projection de l'image de départ déformée sur le miroir conique permet d'obtenir une image régulière et correctement proportionnée qui donne une impression de profondeur à l'image. De plus, l'image déformée s'étant sur 360° afin que l'image reconstituée soit visible quelque soit l'emplacement de l'observateur, figure 6.



Figure 6: Exemple d'anamorphose conique, [4]

Hologrammes et pyramide Un hologramme correspond à un type de visualisation 3D où le rendu final correspond à une image qui semble flotter dans le vide comme si elle était suspendue dans l'air. Il est possible de réaliser ce type d'image de façon très simple avec une pyramide transparente.

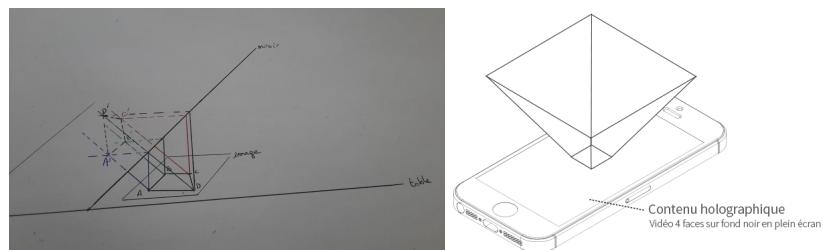


Figure 7: A- Schéma de projection d'un objet sur un miroir incliné à 45°, B- Schéma du montage à réaliser pour visualiser un hologramme

La pyramide, figure 7 B- est composée de 4 miroirs inclinés à 45° et positionnée au centre d'un smartphone ou d'une tablette. Lors de la projection des images sur la pyramide, il semble que l'image virtuelle est au centre de la pyramide. Cependant aucune des 4 images virtuelles créée n'est formée au "même endroit". Chaque image virtuelle issus de la projection de l'image de départ, figure 7 A- correspond à une "face" d'un cube virtuel, ce qui renforce l'impression de volume et la visualisation d'un objet en 3D dans l'espace.

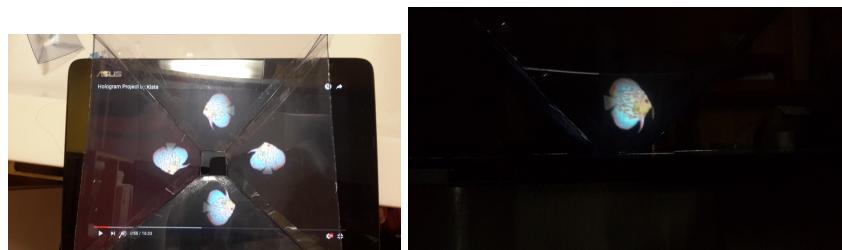


Figure 8: A- Montage des vidéos projetées sur la pyramide, B- Visualisation de l'hologramme formé

1.2.2 Objectifs

En 2012, *MirageTable*, un projet d’interaction de la main sur une table de réalité augmentée a été réalisé, [5]. Il s’agit d’un exemple de problématique dans le domaine de la réalité virtuelle qui fait appel aux anamorphoses. Leur utilisation dans ce projet a permis de créer un effet de perception de la profondeur sur la surface de projection. Un autre exemple d’application de ce type est le projet *HoloTabletop*, [6]. *HoloTabletop* est un système interactif de table holographique à faible coût. Une image d’illusion anamorphique est calculée à partir de l’analyse en temps réel de la position de la tête de l’utilisateur et la position du regard. L’image est affichée sur un écran 2D horizontal, mais permet une vision stéréo à l’utilisateur. Cela permet de voir et interagir avec les objets virtuels 3D sans porter de lunettes ou d’appareils spéciaux.

Dans le cadre d’études menées pour la création d’anamorphoses, des algorithmes permettant de générer une image déformée à partir d’une image de départ ont été mis en place pour la création d’anamorphoses cylindriques et coniques, [7] [8].

Le premier objectif de mon stage était d’implémenter cet algorithme sous la forme de plugin javascript permettant d’être exécuté dans ImageJ afin de mettre en place la déformation d’une image pour créer une anamorphose sur un miroir cylindrique. Puis, dans un second temps, il a été nécessaire chercher comment modifier l’algorithme afin de permettre la création d’hologramme. A partir du même principe que la création d’hologrammes dans une pyramide, un cylindre transparent a été utilisé afin de visualiser les images virtuelles issues de la projection de l’image sur le miroir convexe. Ainsi, il a été possible de chercher une solution en plusieurs étapes pour modifier l’algorithme de sorte à:

- créer un hologramme dans un cylindre ou un cône transparent
- créer un hologramme dans un cylindre transparent visible quelque soit l’emplacement de l’utilisateur
- de manière plus facultative : obtenir une visualisation d’un objet/scène 3D dans le cylindre ou dans le cône

1.3 Organisation du travail et outils utilisés

Le premier travail que j’ai effectué au cours de mon stage a été de mettre en place l’algorithme permettant de créer l’image déformée permettant de réaliser l’anamorphose cylindrique et conique. Pour cela j’ai effectué une étude bibliographique et je me suis basée sur l’article [8]. L’implémentation de l’algorithme présenté dans cet article m’a permis à la fois de vérifier ma compréhension de la projection sur le miroir cylindrique et de me familiariser avec les équations mathématiques permettant de mettre en place l’image déformée à projeter.

J’ai ensuite pu commencer à travailler sur la première évolution de l’algorithme. Il m’a été possible d’envisager différentes solutions et de les tester au fur et à mesure. Le développement de chaque prototype a permis à la fois d’approfondir ma compréhension des solutions à mettre en place et de les valider ou de mettre en évidence leur problèmes.

L’ensemble des scripts peuvent être exécutés dans le logiciel de traitement d’image ImageJ. Ce sont des modules codés en javascript qui utilisent les fonctions de l’API d’ImageJ.¹

¹Lien vers ImageJ: <https://imagej.nih.gov/ij/index.html>

2 Conception et Réalisation

Cette section présente tout d'abord le travail de conception qui a été effectué. Puis, dans une partie suivante, le travail réalisé est expliqué et illustré par les résultats obtenus.

2.1 Implémentation de l'algorithme pour anamorphose cylindrique

2.1.1 Fonctionnement et équations de déformation

Algorithm 1 Algorithme de déformation d'image pour anamorphose cylindrique

```
DEFORM(image, w, h, R, θ)
1: mrows ← 2 * (R + w)
2: ncols ← 2 * (R + w)
3: distortedimg ← createImage("distorted", "RGBblack", mrows, ncols, 1)
4: for i = 1; i < w; i ++ do
5:   α ← θ * π * (R + w - i) / (180 * h)                                # étape 1
6:   if α < 1 then
7:     α ← 1
8:   for j = 1; j < h; j ++ do
9:     for k = (α * j) - (α / 2); k < ((α * j) + (α / 2)); k ++ do
10:      γ ← (k - 1) * (θ / (h * α)) * (π / 180)                            # étape 2
11:      ni ← R + w(R + (w - i)) * sin γ
12:      nj ← R + w(R + (w - i)) * cos γ
13:      val ← getPixel(i, h - j + 1)                                         # étape 3
14:      set(ni, nj, val)
15:      set(ni + 1, nj + 1, val)
16:      set(ni - 1, nj + 1, val)
17:      set(ni, nj + 1, val)
18: return distortedimg
```

A partir d'une image de taille $M \times N$ représentant le rendu de la projection sur un miroir cylindrique, l'image déformée à projeter va être construite grâce à l'implémentation de la fonction DEFORM, figure 1. Avant d'exécuter cette fonction il est nécessaire de déterminer la taille de l'angle de l'anamorphose θ qui détermine la longueur l de l'arc dans lequel la déformation s'effectue, i.e "le champs de projection" de sur le cylindre, et de fournir le rayon R du miroir cylindrique utilisé.

Au cours de l'étape 1, α permet de déterminer les pixels manquant entre l'image de départ et l'image déformée en construction. En effet lors de la projection de l'image déformée sur le cylindre, l'image formée apparaîtra plus petite que l'image projeté. Ainsi, en prenant en compte la déformation à mettre en place afin de visualiser une image droite et bien proportionnée par rapport à l'image de départ, l'image anamorphique aura une taille $(2 * (R + w) \times 2 * (R + w))$. C'est pourquoi, pour ne pas obtenir une image déformée morcelée, il est nécessaire de déterminer des pixels manquants.

A partir des lois d'optique de la réflexion d'un objet sur un miroir convexe, figure 12, il est possible de trouver les équations qui permettent de trouver l'angle γ en radian qui permet de trouver la position du pixel sur l'image déformée et de l'exprimer en coordonnées polaires (ni, nj) .

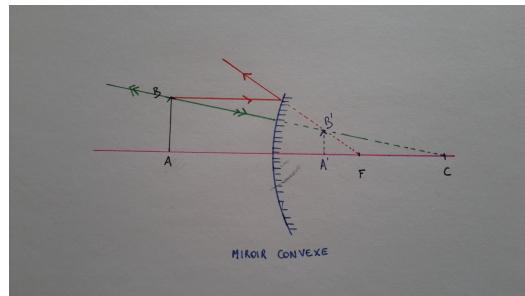


Figure 9: Schéma de construction de l'image virtuelle sur le cylindre

Enfin la valeur du pixel courant de coordonnées $(i, h - j + 1)$ sur l'image d'origine est récupérée et sa valeur est affectée au pixel de coordonnées (ni, nj) et ses voisins $(ni+1, nj+1)$, $(ni - 1, nj + 1)$, $(ni, nj + 1)$ sur l'image déformée, i.e $distortedimg$.

2.1.2 Résultats obtenus



Figure 10: Image déformée obtenue à partir de l'image de départ



Figure 11: Résultat de l'anamorphose projetée sur un cylindre

L'algorithme implémenté permet de visualiser une image déformée sur un cylindre. Le rendu est plutôt satisfaisant. A partir de cet algorithme des solutions ont été cherchées afin de visualiser une image dans un cylindre transparent, i.e obtenir un hologramme dans le cylindre.

2.2 Évolution 1 de l'algorithme pour hologramme dans un cylindre transparent

2.2.1 Équation à mettre en place

Soit un cylindre de rayon R, de centre C et un point de la surface du cylindre S. Si un objet est placé à l'extérieur du cylindre il est possible d'assimiler ce cylindre à un miroir sphérique convexe de centre C . L'objet est alors reflété dans ce miroir. La focale F se situe à 1/2 de la distance SC, i.e la moitié de R, figure 12 A-. Ainsi, l'image virtuelle de l'objet sera construite dans un plan entre S et F, plan tracé en rouge sur la figure 12.

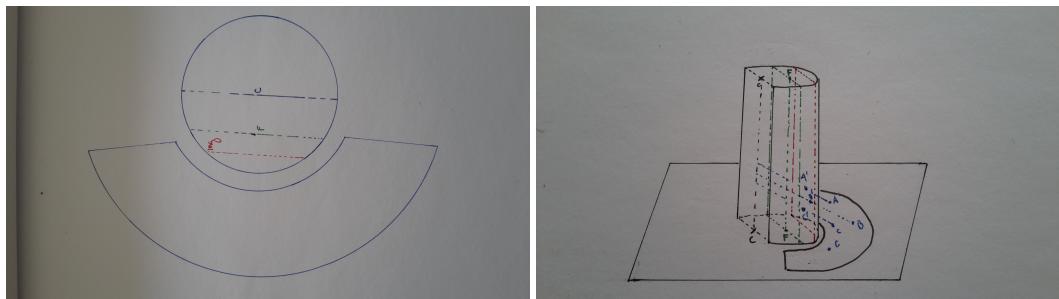


Figure 12: Schéma de construction de l'image virtuelle dans le cylindre

D'après les lois d'optique, $g = \frac{SA'}{SA}$, si $g = \frac{1}{k}$, on suppose que l'image virtuelle de l'objet A projeté sur le cylindre est plus petite que la taille de l'objet de départ et k est facteur d'agrandissement, alors $SA = SA' * k$.

Si on considère une profondeur x qui permet de jouer sur la position de l'image virtuelle et de donner l'impression que l'image est plus à l'intérieur de cylindre alors la position de l'image virtuelle A' serait à une distance SA' correspondant à $SA' = x * \frac{1}{2} * R * g$. Il s'agit de la distance à laquelle il est possible de voir l'image virtuelle dans le cylindre, par exemple si $x = 2/3$ alors on s'attend à ce que l'hologramme formé soit situé à 2/3 de la distance entre la paroi du cylindre et de la focale c'est à dire de $r/2 * 2/3$ soit $r/3$.

Une des évolutions mise en place pour créer une image déformée qui permette d'observer un hologramme dans un cylindre transparent a été de rajouter deux paramètres, le grandissement g et la profondeur du plan de construction de l'hologramme dans le cylindre x.

Ainsi les équations permettant de déterminer les coordonnées (ni, nj) , sont modifiées par :

$$ni = R + (w * x * g) - (R + ((w * x * g) - i)) * \sin(\gamma)$$

$$nj = R + (w * x * g) - (R + ((w * x * g) - i)) * \cos(\gamma)$$

La taille de l'image déformée est aussi à prendre en compte et le grandissement g est intégré afin d'avoir une image de taille $(2 * (R + w * g)) x (2 * (R + w * g))$.

2.2.2 Résultats obtenus

Lors de l'exécution de l'algorithme les valeurs $g=\frac{1}{2}$ et $x=\frac{2}{3}$ ont été choisi.

Des résultats ont été obtenus à partir de 2 images différentes,



Figure 13: Images de départ pour les tests de création d'hologramme dans un cylindre

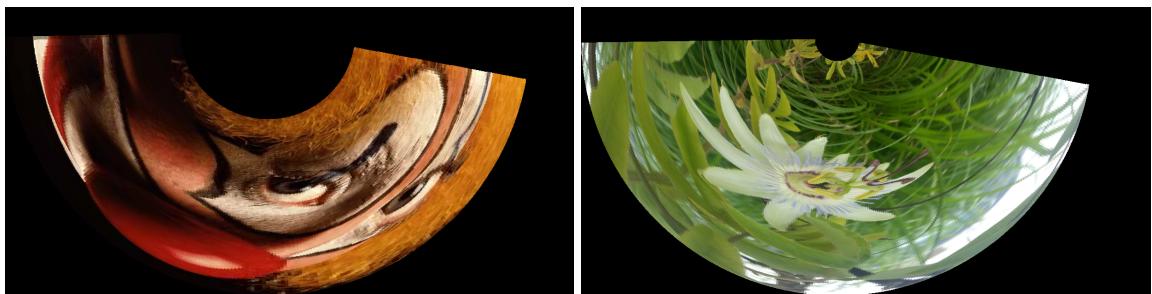


Figure 14: Images déformées obtenues à partir du script implémenté

Il est possible d'observer que le rendu final est plutôt satisfaisant pour l'image du clown, figure 15 A-. En effet, l'illusion de la tête du clown flottant dans le cylindre est bien présente. Il est possible de remarquer un petit effet de profondeur qui donne l'illusion d'avoir le nez du clown qui ressort sur le dessus. Les résultats sont aussi positifs pour l'image de la fleur de passiflore, même si le rendu est moins remarquable, figure 15 B-.



Figure 15: Rendu observé à travers un cylindre transparent

2.3 Visualisation d'un objet quelque soit l'angle de vue

L'intérêt de s'intéresser à la visualisation 3D à partir d'anamorphoses coniques était aussi de permettre une visualisation d'un objet quelque soit l'angle de vue, i.e quelque soit l'endroit où se trouve l'observateur autour du cône ou du cylindre il puisse voir l'objet ou quelque soit le nombre d'observateurs ils puissent voir l'objet de la même façon. Au départ il a été envisagé de construire une image à l'intérieur du cylindre plutôt qu'à l'extérieur, cependant cette méthode pas aboutie car il n'est pas possible de restituer l'image originale entière lors de la projection à partir d'une image déformée plus petite. En effet l'image déformée doit être plus grande que l'image originale, mais si elle est plus petite alors des informations sont perdues.

Une autre idée était de construire une image à 360° tout autour du cône ou du cylindre. Cependant, lors de la projection de l'anamorphose, la lumière émise peut nuire à la projection et créer des interférences avec l'objet d'intérêt projeté. Ainsi si l'on dépasse un angle de 180° alors les projections vont se mélanger et aucun rendu ne sera satisfaisant.

De plus, il n'est pas possible d'obtenir une seule image déformée qui permettrait à l'observateur de voir l'objet quelque soit sa position autour du support de projection. Une solution permettant de voir le même objet sous des angles différents serait de multiplier le nombre d'anamorphoses autour du cylindre. Cependant au dessous d'un certain angle, par exemple 60°, il devient compliqué d'obtenir un rendu correct, le nombre d'observateur serait donc limité, et nécessairement cette méthode ne permet pas d'obtenir un rendu correct du fait de la lumière émise par toutes les anamorphoses en même temps. Ainsi, un seul observateur peut regarder la projection de l'anamorphose sur un cône ou un cylindre et il est nécessaire de mettre en place des solutions qui lui permettent de visualiser des objets 3D.

2.4 Perspectives

Il est possible d'obtenir des hologrammes dans un cylindre ou un cône à partir d'anamorphoses d'objets 2D. Cependant, il n'est pas encore possible de visualiser un objet ou une scène 3D sous forme d'hologramme. Pour cela, il serait possible d'utiliser la 3D objective. En effet, la 3D subjective vise à donner l'illusion de la profondeur lorsque l'observateur est en mouvement, tandis que la 3D objective crée l'illusion de profondeur lorsque la scène visualisée est mise en mouvement. Un projet existant met déjà en place ce type de réalisation et permet la visualisation d'objet 3D dans un cône, [9]. Ce projet s'inspire de la technique d'illusions d'optique du Fantôme de Pepper et des hologrammes formés dans une pyramide afin de créer un hologramme dans un cône. Une application permet de projeter une anamorphose d'un objet 3D sur un cône transparent. L'image déformée est créée grâce à la calibration effectuée avant la projection de l'objet. Une caméra capture la fonction de transfert en utilisant l'environnement. Par la suite il est possible de préformer une image déformée à projeter en inversant la fonction de transfert. L'utilisation du gyroscope de la tablette permet la rotation de l'objet lorsque la tablette tourne et donne ainsi l'illusion de profondeur et de visualisation de la 3D.

Un autre objectif à développer serait de prévoir une calibration à effectuer en fonction du matériel utilisé et des anomalies du support utilisé. Cet aspect a aussi été mis en place dans le projet Pepper's Cone, [9], il serait intéressant d'y accorder plus d'attention afin de mettre en place une application fonctionnelle de visualisation 3D.

3 Conduite de Projet

Cette section présente une discussion sur la méthodologie utilisée pour remplir les objectifs et les différents paramètres ayant eu de l'influence sur le déroulement du projet.

3.1 Méthodologie

Au cours de mon stage, j'ai pu élaborer des stratégies pour remplir les objectifs demandés du mieux possible. Les rendez-vous hebdomadaires avec mon maître de stage m'ont permis de ne pas rester bloquée lorsque j'étais en difficulté.

3.2 Paramètres d'avancement

3.2.1 Gestion du temps

Le temps a été un facteur très important durant mon stage. En effet la durée de mon stage était assez courte et le nombre de choses à faire sur le sujet était très important mais très intéressant.

3.2.2 Interactions et discussion

Au cours de mon stage j'ai eu de nombreuses réunions avec mon maître de stage afin de faire le point sur les différents objectifs à remplir et de me donner des conseils lorsque j'étais en difficulté. J'ai aussi eu l'opportunité de discuter avec d'autres personnes du laboratoire qui travaillent sur un sujet de réalité augmentée et qui utilisent des anamorphoses dans leur projet. La présentation de leur travail a vraiment été très enrichissante et le rendu est assez impressionnant.

3.2.3 Connaissances développées

L'année précédente j'avais eu l'occasion de faire un stage qui portait sur la géométrie discrète, les L-systèmes et sur le langage Python pour créer générer aléatoirement des objets 3D. Cependant, j'avais assez peu de connaissances concernant tout ce qui concerne la visualisation 3D. Ainsi j'ai pu apprendre énormément de choses au cours de ce stage, tant sur les travaux existants dans le domaine de visualisation de la 3D que sur les technologies de visualisation 3D actuelles et l'aspect mathématique. J'ai aussi beaucoup travailler sur l'aspect mathématique afin de trouver comment réaliser les déformations des images et implémenter des algorithmes permettant d'obtenir des résultats satisfaisants.

4 Conclusion

Mon stage s'est déroulé au Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique à Talence. Il m'a été donné pour mission de construire des hologrammes sur la base d'anamorphoses cylindriques et coniques. J'ai ainsi pu développer des pluggins exécutables dans ImageJ permettant de visualiser des objets en 3D.

4.1 Bilan du projet

Après une recherche bibliographique sur les travaux existant, il m'a été possible d'implémenter un algorithme de déformation d'une image pour la création d'anamorphose cylindrique. Par la suite, j'ai pu explorer différentes solutions afin d'obtenir un algorithme qui génère la déformation d'une image pour la création d'un hologramme dans un cylindre transparent ou dans un cône. J'ai aussi peu tenter en vain chercher des solutions afin de visualiser un objet quelque soit la position de l'observateur autour du cône ou du cylindre.

En revanche, bien que j'ai commencé à envisager des solutions permettant de visualiser un objet 3D et inclure la notion de profondeur dans l'anamorphose, je n'ai pas eu le temps de les mettre en place et il reste encore beaucoup de travail pour obtenir une application fonctionnelle de visualisation 3D à partir d'anamorphoses.

Ce travail au cours de ce stage a aussi été l'opportunité de voir les applications possibles des anamorphoses mais aussi les limites de leur utilisation. En effet la visualisation 3D à partir d'anamorphoses présente quelques limites. En effet, il est nécessaire de se procurer un cône ou un cylindre comme support de visualisation. Ainsi, il est nécessaire de pouvoir réaliser une calibration du matériel utilisé afin d'obtenir un rendu correct et de prendre en compte les anomalies possibles du support pour les intégrer à la déformation de l'image projetée. De plus, il n'est pas possible de visualiser l'objet projeté à une quelconque position autour du support. En effet, le nombre d'observateur est assez limité car il est nécessaire d'avoir autant d'anamorphose que d'angle de vue (4 tout au plus).

4.2 Bilan Personnel

J'ai commencé mon stage avec l'optimisme de quelqu'un qui achèverait son sujet en intégralité. Malheureusement, les objectifs à atteindre étaient légèrement plus complexes que je ne le pensais. J'aurais aimé être en mesure d'aller plus loin mais la durée de mon stage était assez courte et je n'ai pas pu être plus rapide. Cependant le bilan reste très positif : j'ai été en mesure de mettre en place des plugins exécutables dans ImageJ permettant d'observer des hologrammes dans un cône ou un cylindre. Ainsi les objectifs principaux ont été remplis.

Au cours de ce stage, j'ai beaucoup apprécier le moment où il nous a été possible de discuter avec d'autres chercheurs du LABRI qui travaillent sur un sujet de réalité virtuelle et qui utilisent les anamorphoses. J'aurais beaucoup aimé comprendre plus en détails leur travail car c'est vraiment passionnant.

References

- [1] Wikipédia, “Anamorphose — wikipédia, l’encyclopédie libre,” 2018. [En ligne; Page disponible le 29-juin-2018].
- [2] “L’ANAMORPHOSE - Artefake.” <http://www.artefake.com/L-ANAMORPHOSE.html>, [En ligne; Page disponible le 2018-07-10].
- [3] “anamorphose cylindrique | CURIOSITE.” <http://lamysterieusecurieuse.blogspot.com>, [En ligne; Page disponible le 2018-07-10].
- [4] F. de Comite and L. Grisoni, “Numerical anamorphosis: an artistic exploration,” pp. 1–7, ACM Press, 2015.
- [5] H. Benko, R. Jota, and A. Wilson, “MirageTable: freehand interaction on a projected augmented reality tabletop,” p. 199, ACM Press, 2012.
- [6] C.-H. Hsu, W.-H. Cheng, and K.-L. Hua, “HoloTabletop: an anamorphic illusion interactive holographic-like tabletop system,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 76, pp. 9245–9264, Apr. 2017.
- [7] J. L. Hunt, B. Nickel, and C. Gigault, “Anamorphic images,” *American Journal of Physics*, vol. 68, no. 3, pp. 232–237, 2000.
- [8] F. Guo, H. Pen, and J. Tang, “Cylindrical and Conical Mirror Anamorphosis for Image Display,” *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, vol. 9, pp. 383–398, Mar. 2016.
- [9] X. Luo, J. Lawrence, and S. M. Seitz, “Pepper’s cone: An inexpensive do-it-yourself 3d display,” in *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 623–633, ACM, 2017.