



Déroulement du cours



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtual

TP :
Fusion

Une journée complète décomposée en deux parties :

- Cours d'introduction (~1h)
- TP sur machine (Ubuntu)

Intervenant

Nathan Piasco (nathan.piasco@ign.fr)

Doctorant au Le2i (Le Creusot, Université de Bourgogne), co-dirigé par l'IGN.

1 Définition

2 Historique

3 Applications

4 Pipeline

5 SDK

6 TP : Monde Réel

7 TP : Monde Virtuel

8 TP : Fusion

Définition

Définition

► Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

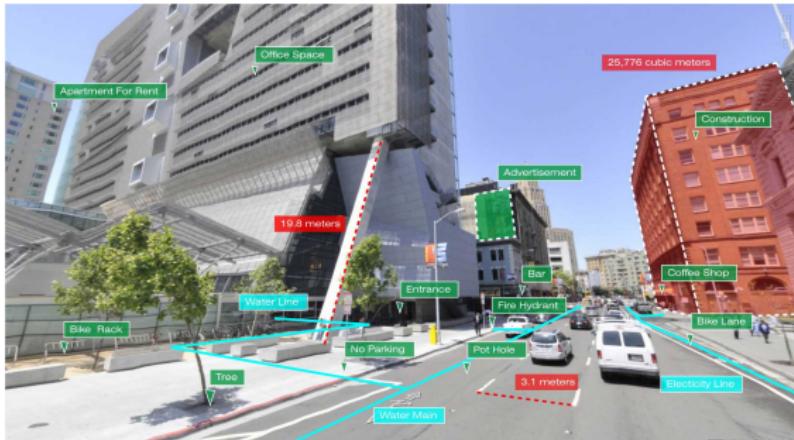
TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

« La réalité augmentée peut se définir comme une interface entre des données "virtuelles" et le monde réel »

Référence

Azuma, R. T. (1997). *A survey of augmented reality*. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, 6(4), 355-385.



Notions de base



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

► Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Une application de réalité augmentée va présenter deux principales spécificités :

- elle **combine** un monde réel et un monde virtuel,
- elle établie une **cohérence** entre ces deux mondes.

Mixed reality

▶ Définition

Historique

Applications

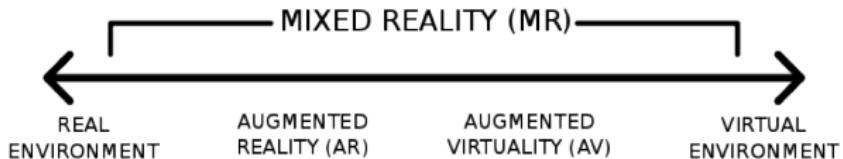
Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion



Le terme «Mixed Reality» est défini en 1994 par Paul Milgram et Fumio Kishino comme l'espace contextuel se situant «anywhere between the extrema of the virtuality continuum.»

Référence

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 77(12), 1321-1329.

Mixed reality

► Définition

Historique

Applications

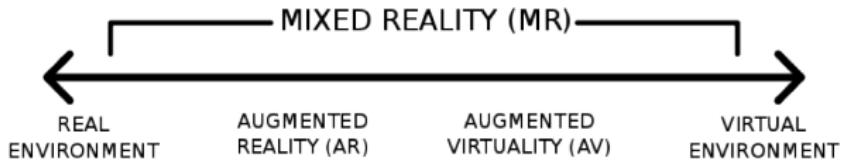
Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion



Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment



Le monde réel, qui peut être capturé par une caméra ou un tout autre système d'acquisition de l'environnement.

Mixed reality

► Définition

Historique

Applications

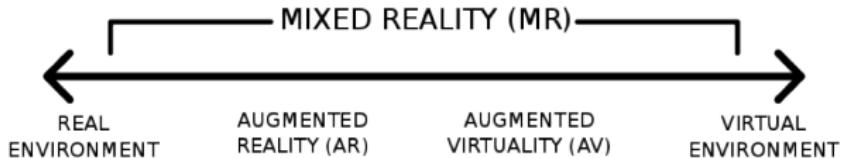
Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion



Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment



Le monde réel est augmenté d'informations virtuelles. On doit toujours pouvoir capturer le monde réel tout en y projetant des données virtuelles.

Mixed reality

► Définition

Historique

Applications

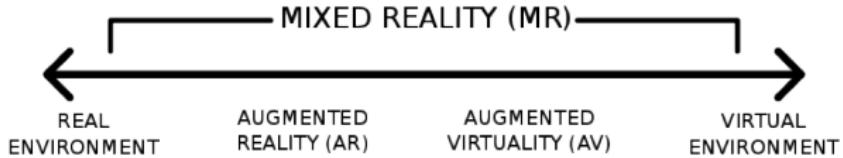
Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion



Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment



Cette fois si, c'est le monde virtuel qui est augmenté d'informations réelles. On doit ici pouvoir générer un monde virtuel mais également percevoir l'environnement.

Mixed reality

► Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

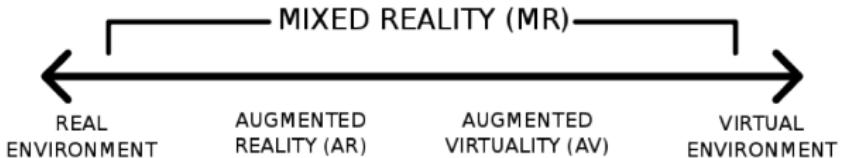
TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment

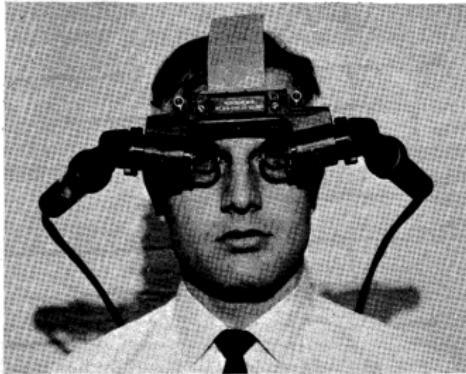
Le monde perçu est maintenant complètement virtuel.



Historique

L'histoire de la RA

1968 → 1980 → 1997 → 1999 → 2002



Définition

► Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Genèse

Premier casque de réalité augmentée créé en 1968 par Sutherland.

Sutherland, I. E. (1968, December). A head-mounted three dimensional display. In Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I (pp. 757-764). ACM.

L'histoire de la RA

1968 → 1980 → 1997 → 1999 → 2002

Définition

► Historique

Applications

Pipeline

SDK

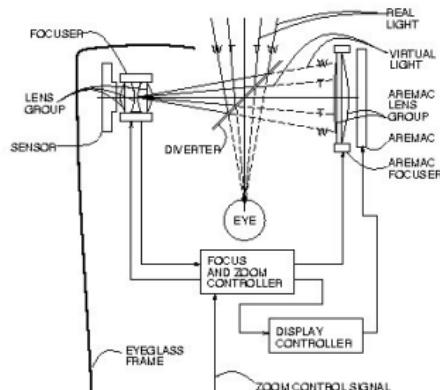
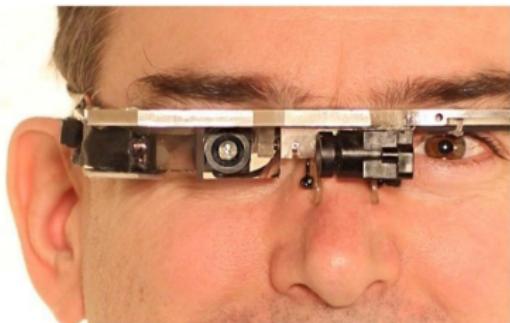
TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtual

TP :
Fusion

EyeTap

L'ancêtre des *google glass*, par Steve Mann. En 1994, il portera une webcam sur lui pendant 2 années consécutives.



L'histoire de la RA



Touring Machine

Premier système de réalité augmentée mobile.

Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., & Webster, A. (1997). A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. Personal Technologies, 1(4), 208-217.



L'histoire de la RA



Définition

► Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

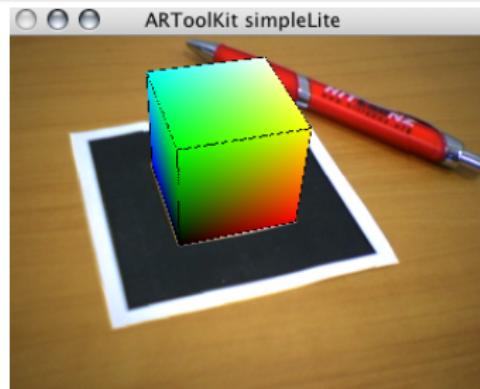
TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

AR Toolkit

Première librairie *open source* pour le développement d'applications de réalité augmentée.

Kato, H., & Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system. In Augmented Reality, 1999.(IWAR'99) Proceedings. 2nd IEEE and ACM International Workshop on (pp. 85-94). IEEE



L'histoire de la RA



Définition

► Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtual

TP :
Fusion

Conférence ISMAR

D'abord nommé «International Workshop on Augmented Reality» (1998-1999), puis «International Symposium on Mixed Reality» (1999-2001), la conférence internationale ISMAR (International Symposium on Mixed and Augmented Reality) est le rendez-vous annuel de tous les chercheurs du domaine de la Mixed Reality.



Pour en savoir plus



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

► Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Références

- Arth, C., Grasset, R., Gruber, L., Langlotz, T., Mulloni, A., & Wagner, D. (2015). The history of mobile augmented reality. arXiv preprint arXiv:1505.01319
- [Eyetap](#) ; laboratoire créé par Steve Mann
- [Eye Am a Camera: Surveillance and Sousveillance in the Glassage](#) ; article du [Time](#) sur la RA

Applications

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Référence

[Assisted vision](#), lunettes de réalité augmentée pour les personnes mal-voyantes.

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

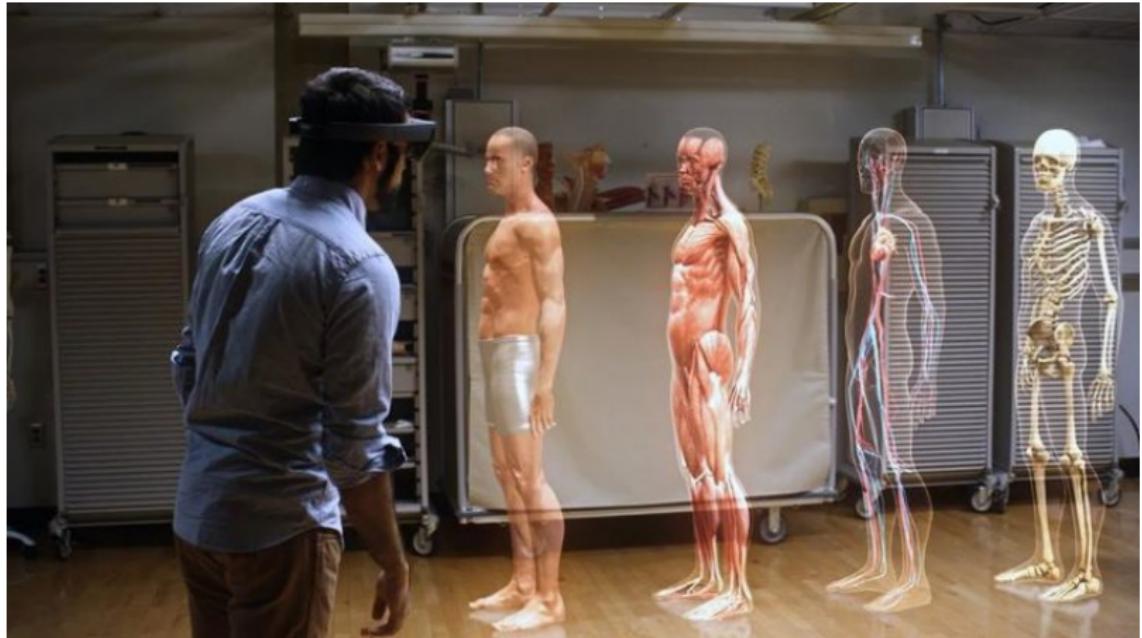


Figure: Hologrammes pour l'étude de l'anatomie

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Référence

[Iconem](#), société de numérisation de bâtiments culturels.

Publicité



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Figure: Lego Digital Box

Professionnel



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Figure: Remote AR

Sport

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Figure: AR Stadium

Information géographique



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Figure: Une sandbox

Jeux vidéo

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Figure: Le jeu ARhrrrr, Zombie Shooter

Jeux vidéo

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion



Figure: Le jeu Pokémon GO

Remarque

Le jeu Pokémon GO n'est pas vraiment une application de réalité augmentée ! Le joueur n'a aucune réelle interaction avec l'environnement, seulement par le biais de ses propres mouvements.

Le future de la RA ?



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

Historique

► Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Play

Figure: Hyper Reality — Keiichi Matsuda

Autres domaines d'application



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

Historique

► Applications

- Le tourisme
- L'aide à la navigation
- Le domaine militaire
- L'immobilier
- L'événementiel
- ...

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Pipeline

Définition

Historique

Applications

► Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

La pipeline d'une application de réalité augmentée

- Percevoir l'environnement
- Comprendre l'environnement
- Augmenter l'environnement
- Fusionner

Percevoir l'environnement

Définition

Historique

Applications

► Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Dans le cadre de ce cours, nous nous intéressons aux applications de réalité augmentée visuelle :

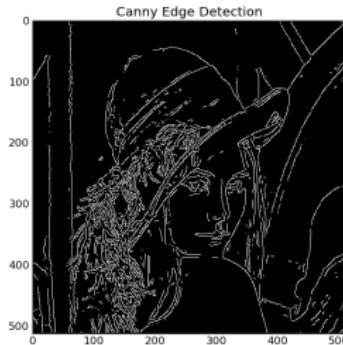
- L'œil
- Les caméras



Comprendre l'environnement

Pour établir une cohérence entre le monde réel et le monde virtuel, on doit non seulement percevoir le monde réel mais aussi le comprendre :

- La vision par ordinateur
- Les capteurs de distances
- *La connaissance à priori de l'environnement (Carte, plan...)*
- *La connaissance de la place de l'utilisateur dans l'environnement (GPS, IMU...)*



Augmenter l'environnement

Définition

Historique

Applications

► Pipeline

SDK

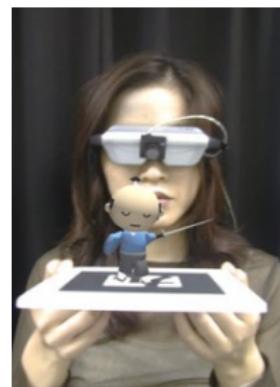
TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

On peut distinguer différents types d'augmentations visuelles de l'environnement :

- La segmentation
- L'ajout d'éléments 3D



Fusionner

Définition

Historique

Applications

► Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

La fusion du monde réel et du monde virtuel est l'étape final d'une application de réalité augmentée :

- La fusion sur un écran
- La projection sur le monde réel



SDK

Librairies de réalité augmentée



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Définition

Historique

Applications

Pipeline

► SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

- [ARToolKit](#)
- [Vuforia](#)
- [Wikitude](#)
- [Comparatif complet](#)

TP : Monde Réel

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

► TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Overview

Nous allons développer une application de réalité augmentée se basant sur :

- Une webcam pour acquérir notre environnement
- Les AprilTags pour comprendre l'environnement
- OpenGL pour simuler notre environnement virtuel et le fusionner avec ce que voit la webcam

Apriltags

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

► TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Les apriltags sont des marqueurs (comme les QRcode) facilement détectable par une caméra et permettant de renfermer une information simple (un numéro de 0 à 36). Couplé à une **caméra calibrée** et connaissant la taille réelle du tag, on peut récupérer la pose relative à la caméra du motif.



Figure: Exemples d'AprilTags

Référence

Olson, E. (2011, May). AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system. In *Robotics and Automation (ICRA), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 3400-3407). IEEE.

Apriltags - Motivation

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

► TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

Les apriltags sont issus de la communauté robotique. Ils permettent de fournir des informations de position précise à moindre coût (calculatoire comme financier). Ils sont ainsi très utilisés en robotique mobile (pour avoir une vérité terrain pour la comparaison d'algorithmes de SLAM par exemple) ou en robotique collaborative et multi-systèmes.



Figure: Un essaim de robots mobiles

Apriltags - Principe de fonctionnement

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

► TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

- Filtrage selon l'intensité du gradient
- Détection de segments par regroupement de points au gradient similaire
- Détection de quadrilatères par regroupement intelligent de segments
- Calcul de la position de tag par estimation d'une homographie calculé avec algorithme DLT
- Rejet d'outliers par vérification du code

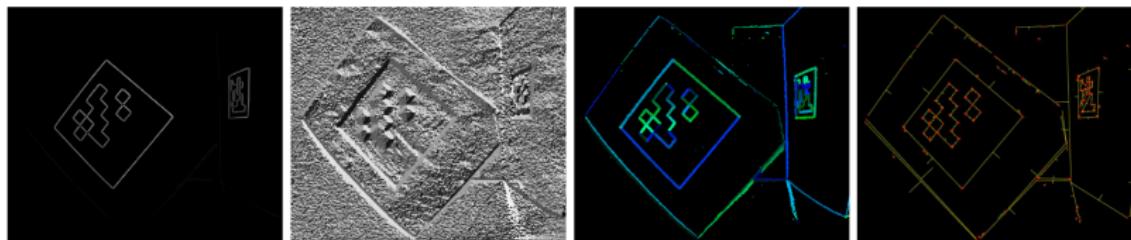
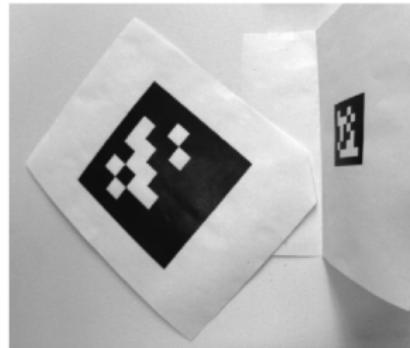


Figure: La chaîne de traitement de l'image

TP : Monde Virtuel

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

► TP :
Monde
Virtuel

TP :
Fusion

La pipeline

Nous allons utiliser OpenGL comme moteur graphique pour simuler notre monde virtuel. Les différentes opérations que nous allons effectuer dans OpenGL sont :

- La création d'une caméra virtuelle similaire à celle utilisée pour acquérir nos images
- Le calcul de la position des tags dans le repère rattaché à la caméra fictive d'OpenGL
- Le dessin d'objets 3D à l'emplacement des tags

TP : Fusion

Finition

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

► TP :
Fusion

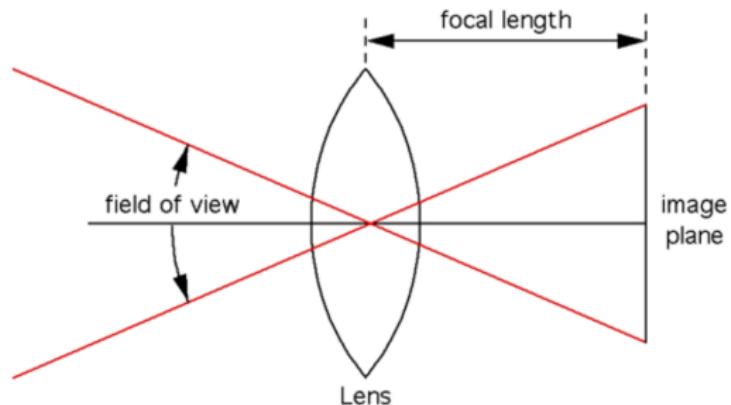


Figure: Modèle simplifié d'une caméra pinhole

Aperçu

Définition

Historique

Applications

Pipeline

SDK

TP :
Monde
Réel

TP :
Monde
Virtuel

► TP :
Fusion

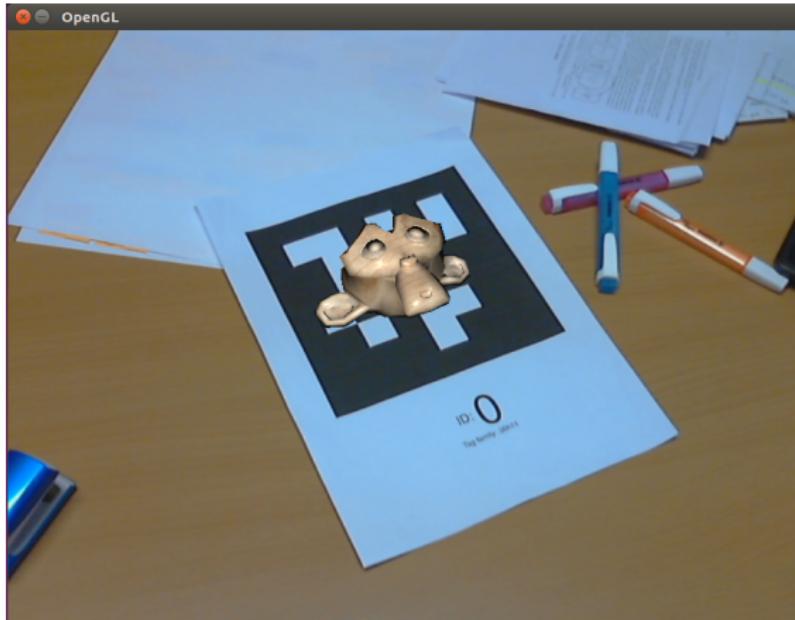


Figure: Le résultatat de l'affichage augmenté du modèle Suzanne de blender !



INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

L'information grandeur nature

