



Cours d'introduction à la Réalité Augmentée

Nathan Piasco

M2TSI

22 janvier 2018

Déroulement du cours



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

TP 1

TP 2

Deux journées complètes :

J.1 Cours d'introduction (~1h)

J.1 TP 1 sur machine (Ubuntu)

J.2 TP 2 sur machine (Ubuntu)

Évaluation par binôme sur les TP.

Intervenant

Nathan Piasco (nathan.piasco@ign.fr)

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

Introduction

Définition

Introduction

► Définition

Historique

Applications

RA

TP 1

TP 2

« 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.

Définition

Introduction

► Définition

Historique

Applications

RA

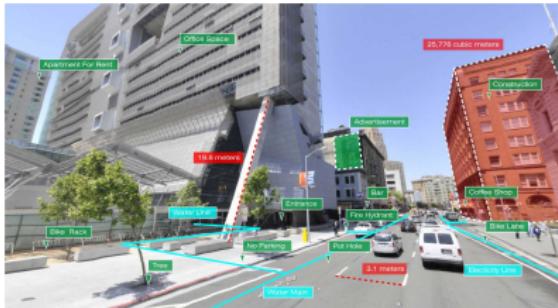
TP 1

TP 2

« 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.



Ancrage de données virtuelles sur un monde réel.

Ancrer le virtuel au réel



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

- ▶ Définition

Historique

Applications

RA

TP 1

TP 2

Combiner de façon cohérente le monde réel et le monde virtuel en s'appuyant sur des **stimulus sensoriels**.

Ancrer le virtuel au réel

Introduction

► Définition

Historique

Applications

RA

TP 1

TP 2



Haptic device Phantom Omni (SensAble)

Retours haptiques : exploiter le sens du toucher.

Ancrer le virtuel au réel

Introduction

► Définition

Historique

Applications

RA

TP 1

TP 2

Combiner de façon cohérente le monde réel et le monde virtuel en s'appuyant sur des **stimulus sensoriels**.

Retours **auditifs** ou olfactifs : son immersif, caractéristique. Les illusions olfactives sont encore très peu utilisées.



Ancrer le virtuel au réel

Introduction

► Définition

Historique

Applications

RA

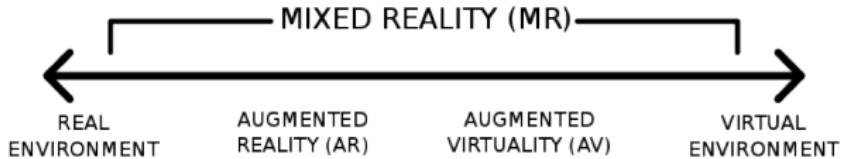
TP 1

TP 2



Retours visuels : le sens le plus largement exploité pour la réalité augmentée.
A partir de maintenant, on considérera seulement la réalité augmentée s'appuyant sur des retours visuels (c'est ce que nous allons faire en TP !).

Mixed reality

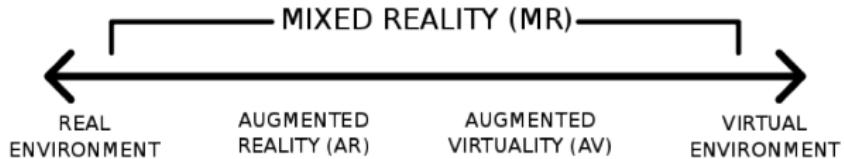


Le terme «Mixed Reality» est défini en 1994 par Paul Milgram et Fumio Kishino comme l'espace contextuel se situant **«anywhere between the extrema of the virtuality continuum.»**

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

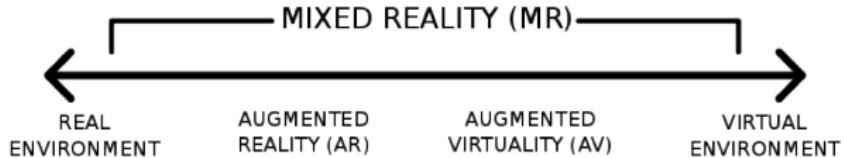


Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment



Le monde réel (le colisée de Rome).

Mixed reality



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

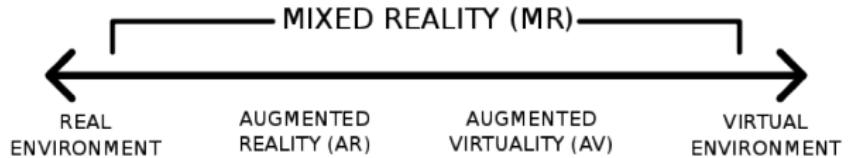
Mixed reality

Introduction
► Définition
Historique
Applications

RA

TP 1

TP 2



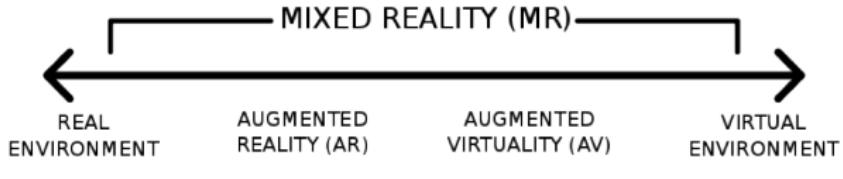
Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment



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

Real Environment Augmented Reality Augmented Virtuality Virtual Environment

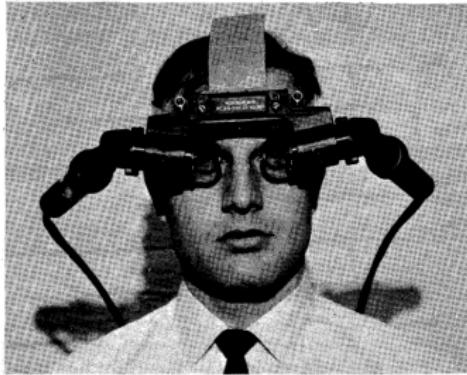


Le monde perçu est maintenant complètement virtuel. On parle alors de réalité virtuelle.



L'histoire de la RA

1968 → 1980 → 1997 → 1999 → 2002



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

Introduction
Définition
► Historique
Applications

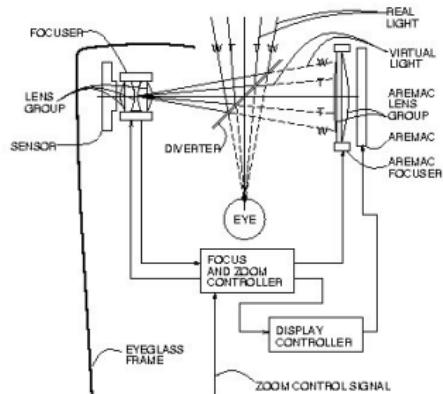
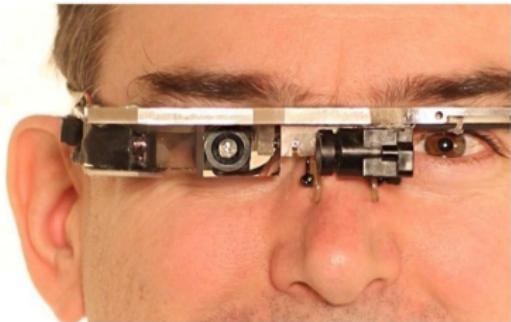
RA

TP 1

TP 2

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

Introduction

Définition

► Historique

Applications

RA

TP 1

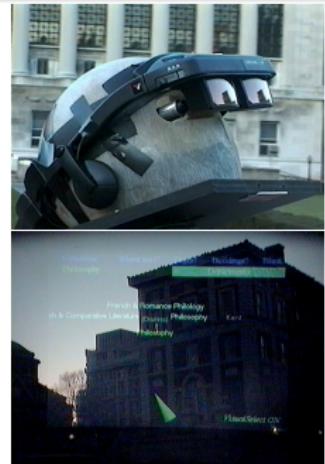
TP 2



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



Introduction

Définition

► Historique

Applications

RA

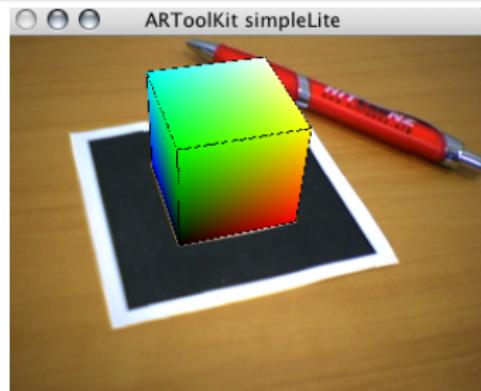
TP 1

TP 2

AR Toolkit

Première librairie opensource 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



Introduction

Définition

► Historique

Applications

RA

TP 1

TP 2

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

Introduction

Définition

► Historique

Applications

RA

TP 1

TP 2

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

[Introduction](#)

[Définition](#)

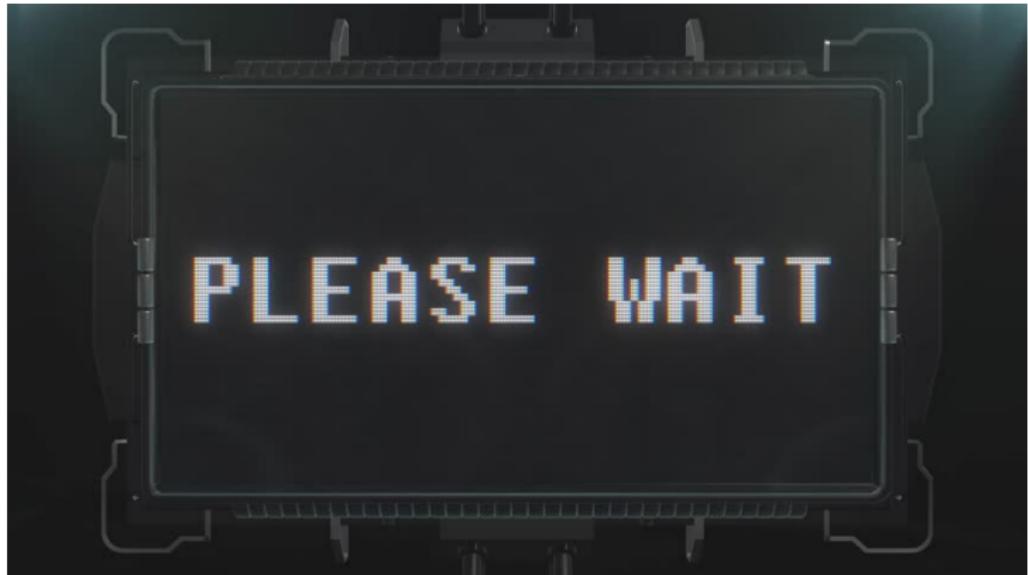
[Historique](#)

[► Applications](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)



Référence

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

Introduction

Définition

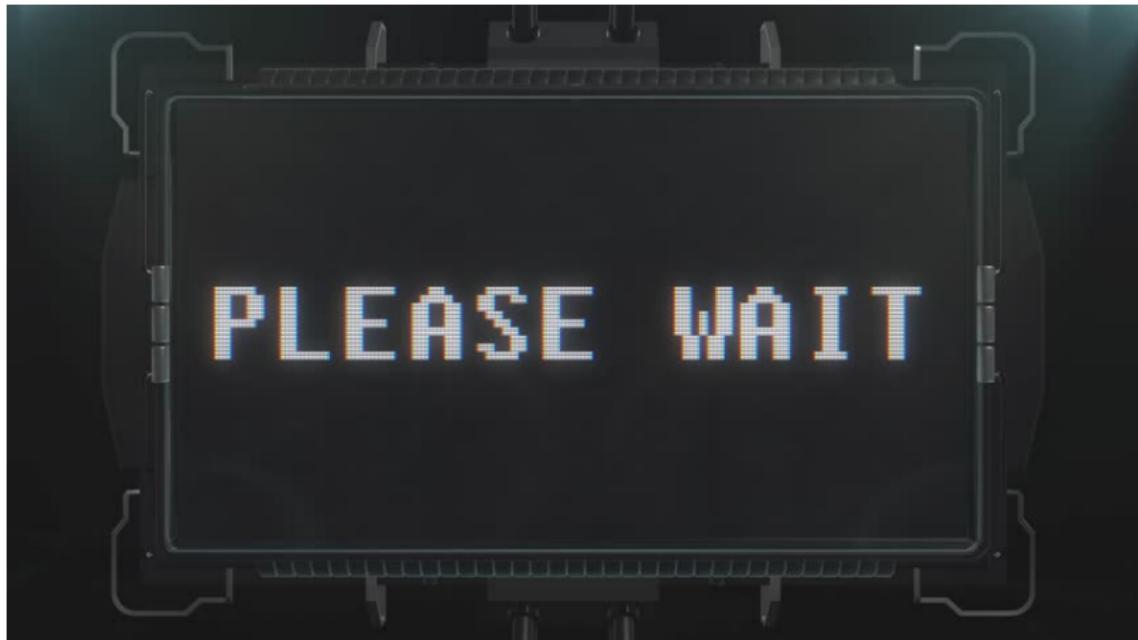
Historique

► Applications

RA

TP 1

TP 2



Lego Digital Box

[Introduction](#)

[Définition](#)

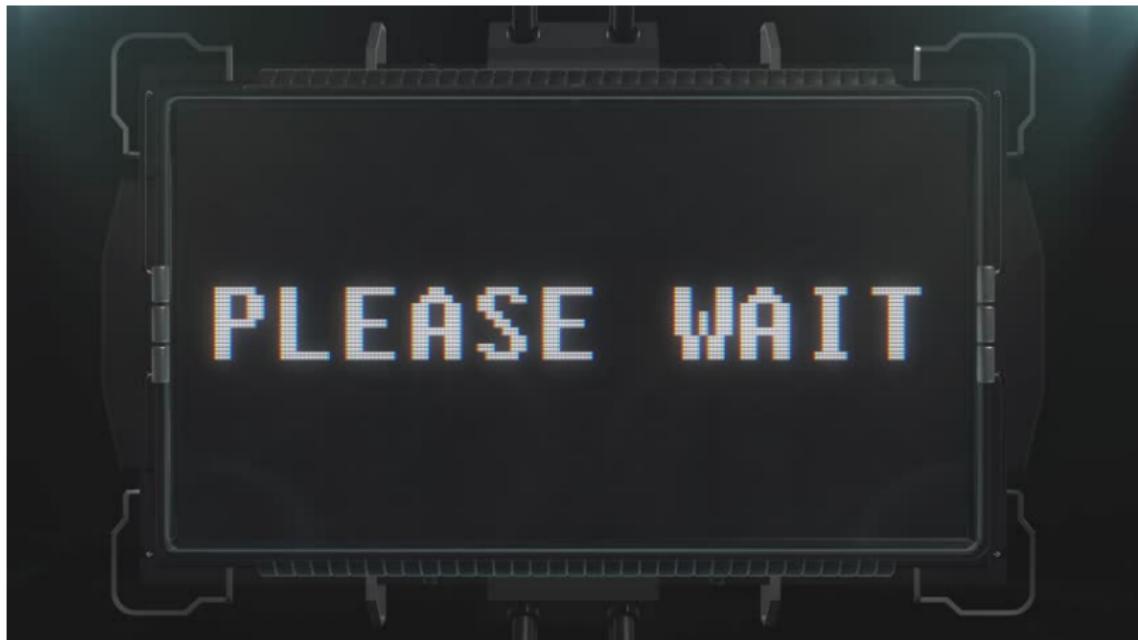
[Historique](#)

[► Applications](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)



Remote AR

[Introduction](#)

[Définition](#)

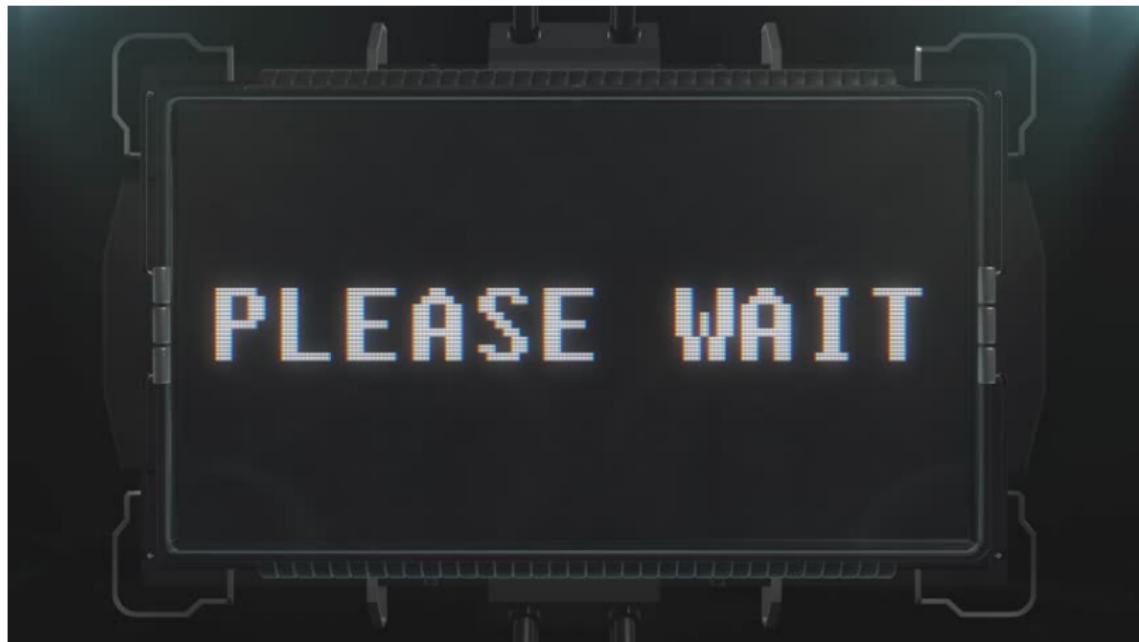
[Historique](#)

[► Applications](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)



[Introduction](#)

[Définition](#)

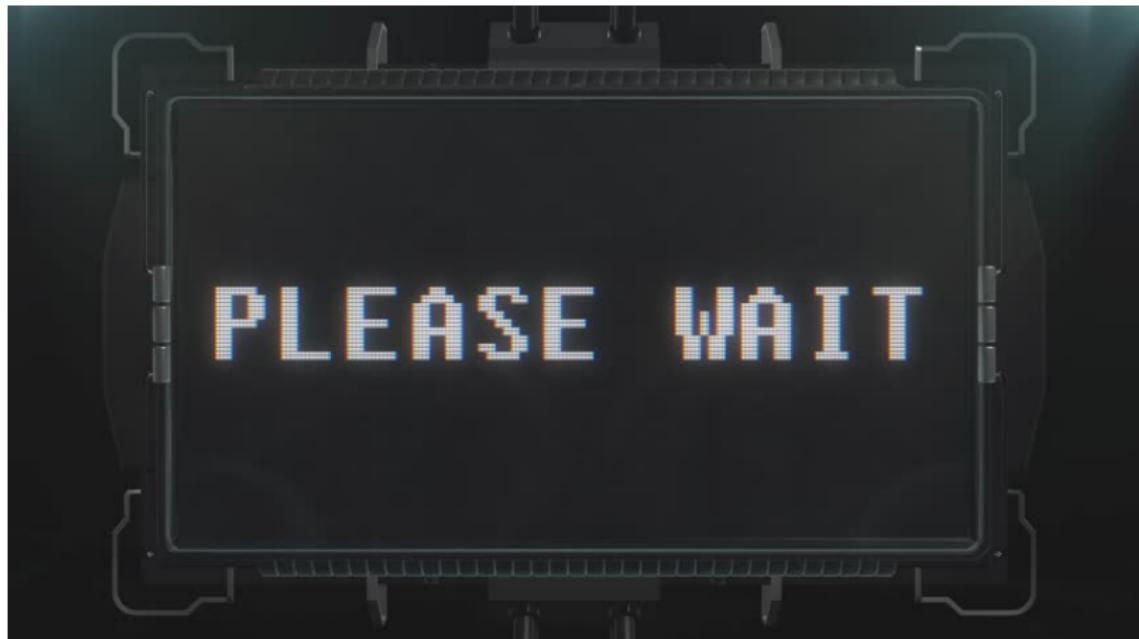
[Historique](#)

[► Applications](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)



Une sandbox

Divertissement

Introduction

Définition

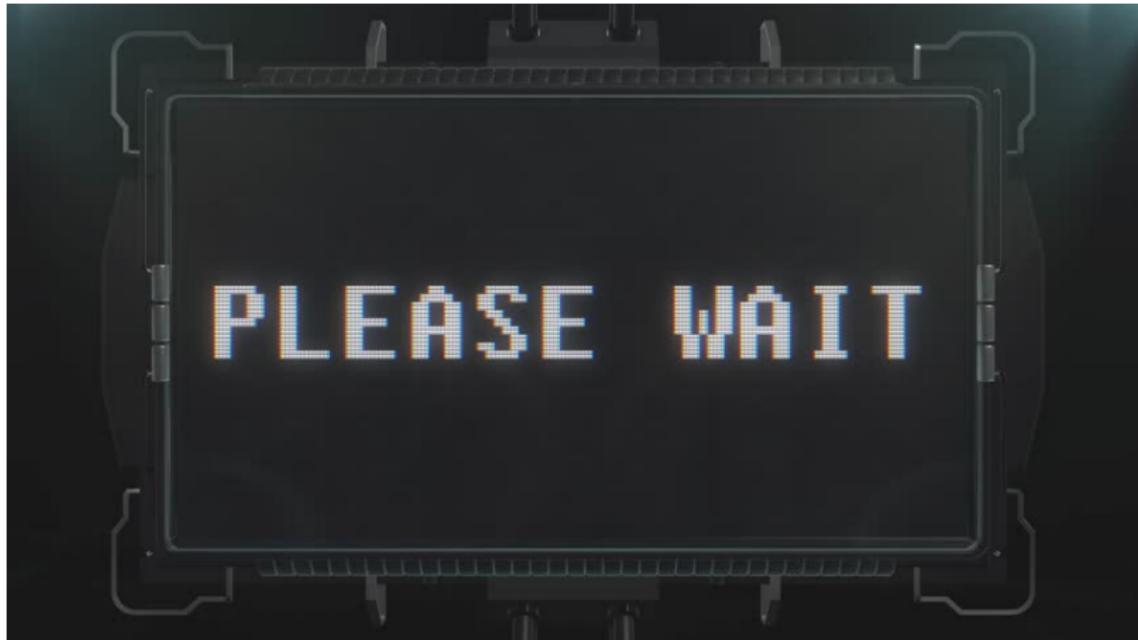
Historique

► Applications

RA

TP 1

TP 2



Snapchat

Introduction

Définition

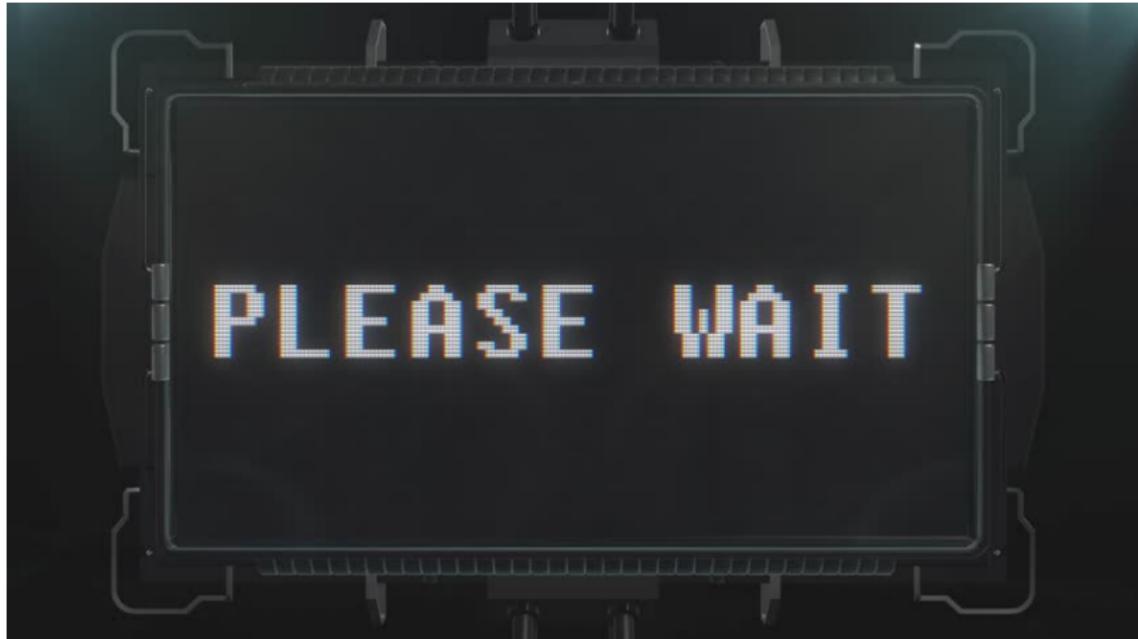
Historique

► Applications

RA

TP 1

TP 2



Le jeu ARhrrrr, Zombie Shooter

SIG : Visualisation

[Introduction](#)

[Définition](#)

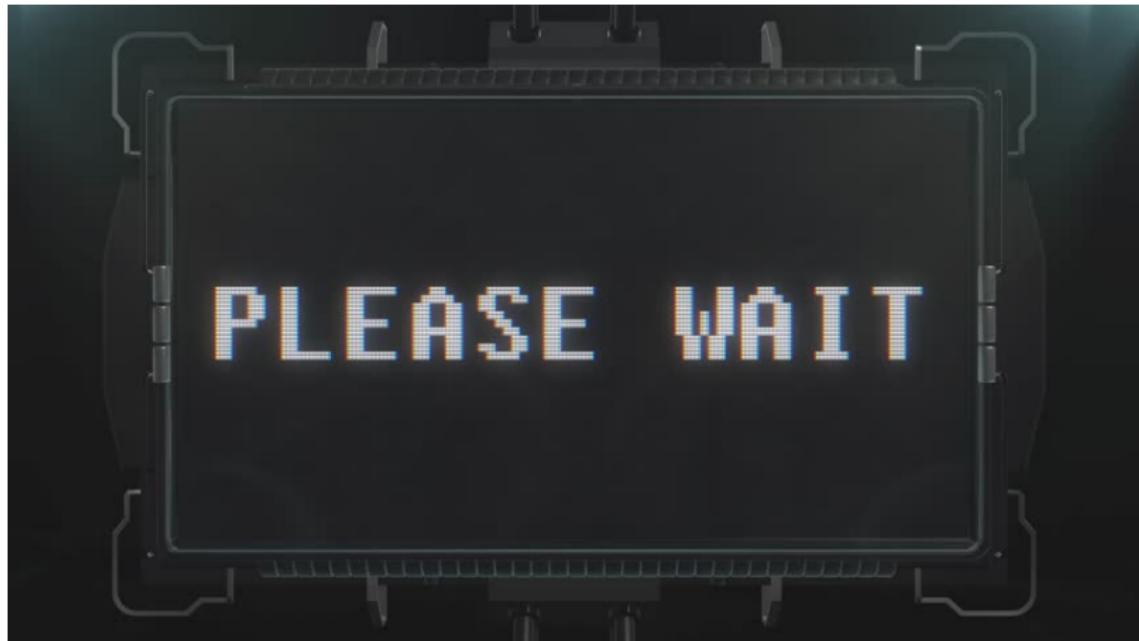
[Historique](#)

[► Applications](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)



HoloMap

[Introduction](#)

[Définition](#)

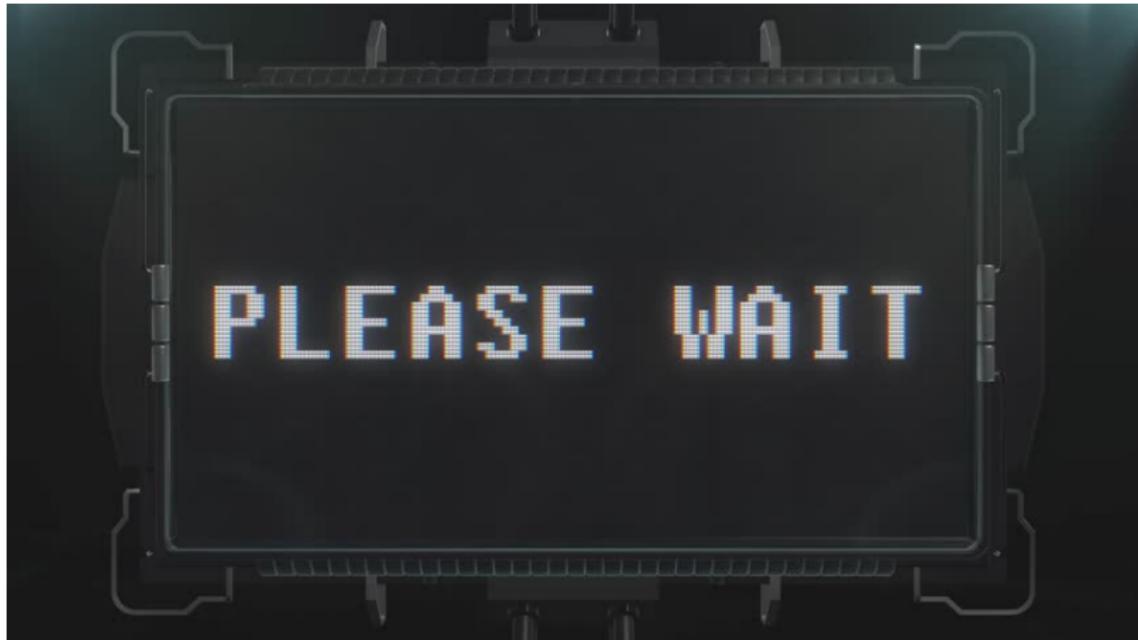
[Historique](#)

[► Applications](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)



Head-Up Display par PSA Peugeot Citroën

Réalité diminuée

[Introduction](#)

[Définition](#)

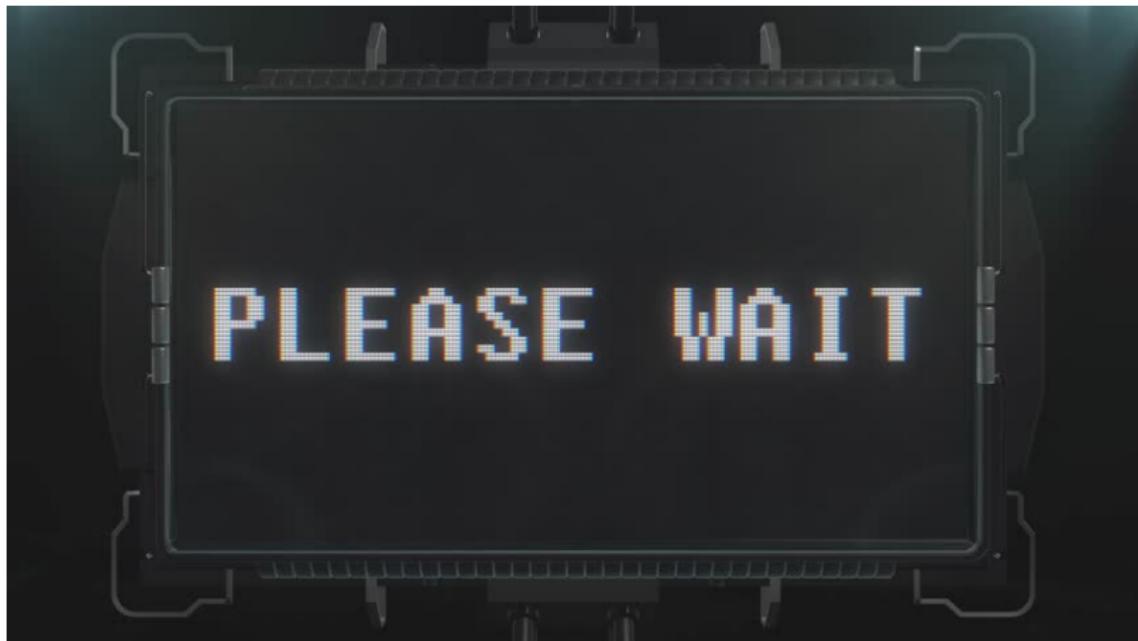
[Historique](#)

[► Applications](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)



Autres domaines d'application



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

Définition

Historique

► Applications

RA

TP 1

TP 2

- L'architecture
- Le tourisme
- Le domaine militaire
- L'immobilier
- L'événementiel
- ...

La Réalité Augmentée dans le détail

Composants d'une application de RA



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

► Pipeline

Temps
réel

Future de
la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

Composants d'une application de RA



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

► Pipeline

Temps

réel

Future de

la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement

Composants d'une application de RA

Introduction

RA

► Pipeline

Temps
réel

Future de
la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement

Les capteurs utilisés peuvent être :



Caméra monoculaire

Composants d'une application de RA

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement

Les capteurs utilisés peuvent être :



Capteurs 3D : caméra stéréo/projection, ToF, LIDAR...

Composants d'une application de RA

Introduction

RA

► Pipeline

Temps

réel

Future de

la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un **lien** entre l'environnement réel et virtuel

Composants d'une application de RA

Introduction

RA

► Pipeline

Temps
réel

Future de
la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un lien entre l'environnement réel et virtuel

Pour créer un point d'ancrage entre monde réel et monde virtuel :



On utilise des marqueurs "fait main"

Composants d'une application de RA

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un lien entre l'environnement réel et virtuel

Pour créer un point d'ancrage entre monde réel et monde virtuel :



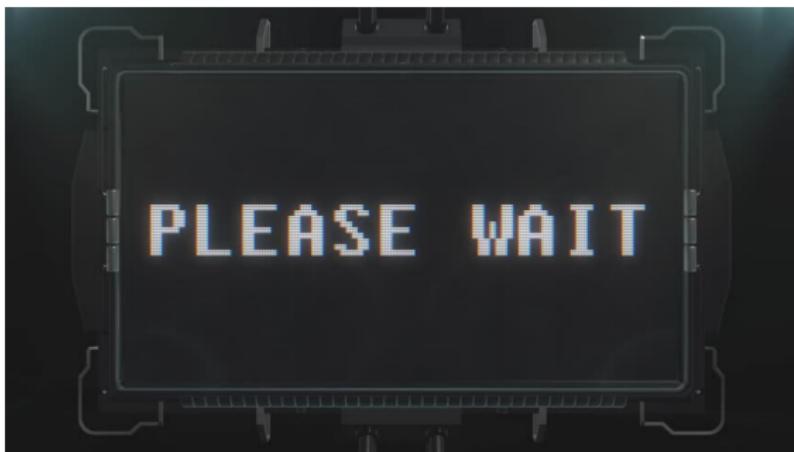
On utilise des marqueurs naturels pré-enregistrés

Composants d'une application de RA

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un lien entre l'environnement réel et virtuel

Pour créer un point d'ancre entre monde réel et monde virtuel :



On utilise aucun marqueur et on s'ancre directement dans l'environnement perçu.

Composants d'une application de RA

Introduction

RA

► Pipeline

Temps

réel

Future de

la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un lien entre l'environnement réel et virtuel
- Projeter le virtuel dans le réel

Composants d'une application de RA

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un lien entre l'environnement réel et virtuel
- Projeter le virtuel dans le réel



Projection non-immersive

Composants d'une application de RA

Introduction

RA

► Pipeline

Temps
réel

Future de
la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un lien entre l'environnement réel et virtuel
- Projeter le virtuel dans le réel

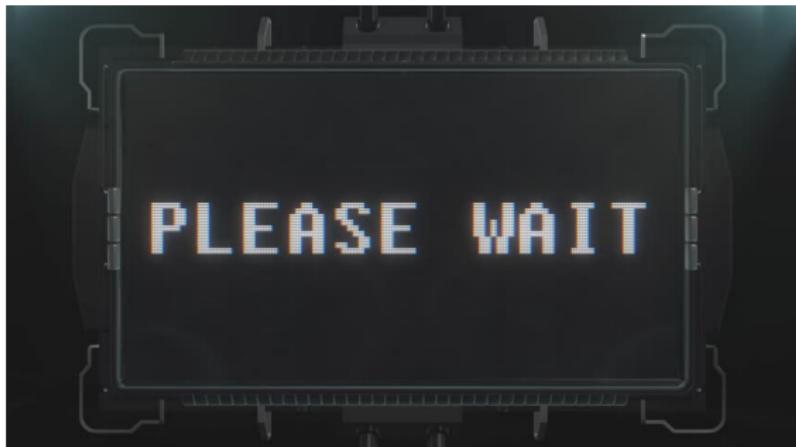


Projection immersive

Composants d'une application de RA

On distingue trois éléments principaux pour la réalisation d'une application de réalité augmentée :

- Percevoir l'environnement
- Établir un lien entre l'environnement réel et virtuel
- Projeter le virtuel dans le réel



Projection invasive

Contrainte du temps réel

[Introduction](#)

[RA](#)

[Pipeline](#)

► [Temps
réel](#)

[Future de
la RA](#)

[Bibliothèque](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)

L'application doit fonctionner en temps réel pour créer une illusion convaincante !

Limitation de la puissance de calcul

Cela devient un réel challenge lorsque l'on veut intégrer des applications de réalité augmentée sur des appareils portables (smart-phone, tablette, micro-contrôleur).

Avancées technologiques



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

Pipeline

Temps
réel

► Future
de la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

- API Google & Apple

Avancées technologiques



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

Pipeline

Temps
réel

► Future
de la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

- API Google & Apple
- Projet Tango

Avancées technologiques



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

Pipeline

Temps
réel

► Future
de la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

- API Google & Apple
- Projet Tango
- Lunettes de réalité augmentée (Google glass 2..)

Avancées technologiques



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

Pipeline

Temps
réel

► Future
de la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

- API Google & Apple
- Projet Tango
- Lunettes de réalité augmentée (Google glass 2..)
- Capteur 3D Sony pour Smartphone (partenariat avec Huawei)

Avancées technologiques



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

Pipeline

Temps
réel

► Future
de la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

- API Google & Apple
- Projet Tango
- Lunettes de réalité augmentée (Google glass 2..)
- Capteur 3D Sony pour Smartphone (partenariat avec Huawei)
- Nouvel iPhone ?

Avancées méthodologiques

Introduction

RA

Pipeline

Temps
réel

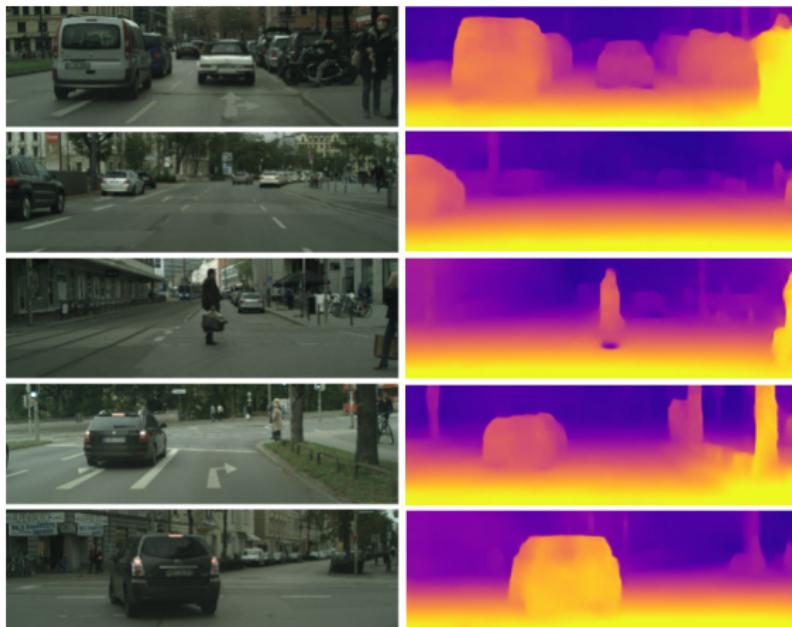
► Future
de la RA

Bibliothèque

TP 1

TP 2

Depth from monocular (deep neural network)



Pour aller plus loin



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

Pipeline

Temps
réel

Future de
la RA

► Bibliothèque

TP 1

TP 2

Librairies de réalité augmentée

- ARToolKit
- Vuforia
- Wikitude
- Comparatif complet

RA en environnement coopératif

Les éléments du TP 1



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

TP 1

► Overview

Apriltags

Objectif

Calibration

TP 2

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

Les éléments du TP 1

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

- Perception Une webcam

Introduction

RA

TP 1

► Overview

Apriltags

Objectif

Calibration

TP 2



Les éléments du TP 1

Introduction

RA

TP 1

► Overview

AprilTags

Objectif

Calibration

TP 2

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

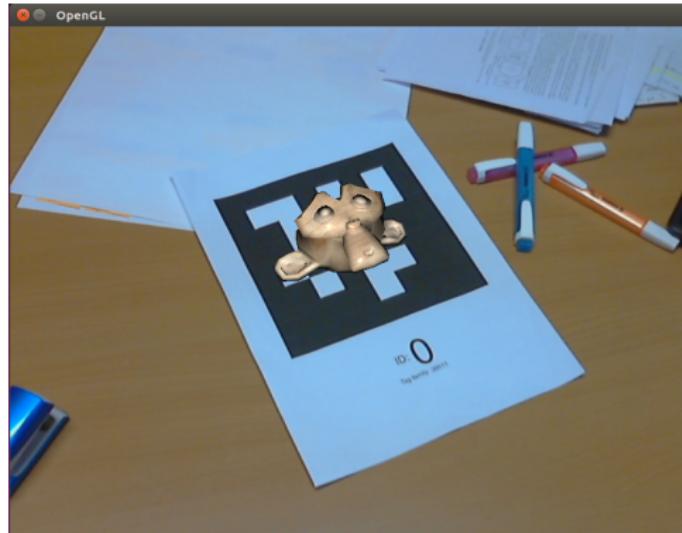
- Perception Une webcam
- Lien réel-virtuel Des tag "AprilTags"



Les éléments du TP 1

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

- Perception Une webcam
- Lien réel-virtuel Des tag "AprilTags"
- Projection Une fenêtre sur votre écran d'ordinateur...



Apriltags in a nutshell: Definition

Les apriltags sont des marqueurs (comme les QRcodes) facilement détectables par une caméra et permettant de coder 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: Un essaim de robots mobiles

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 in a nutshell: Fonctionnement

Introduction

RA

TP 1

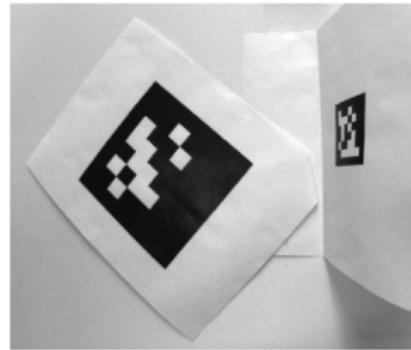
Overview

► Apriltags

Objectif

Calibration

TP 2



Apriltags in a nutshell: Fonctionnement

Introduction

RA

TP 1

Overview

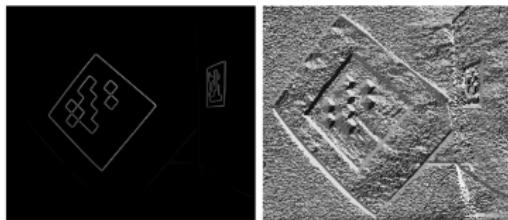
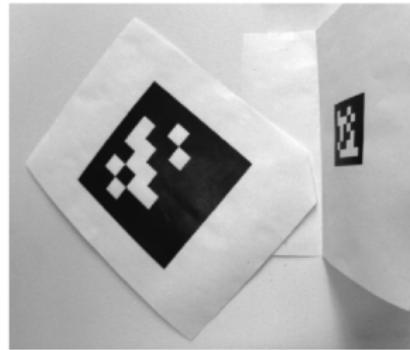
► Apriltags

Objectif

Calibration

TP 2

- Filtrage selon l'intensité du gradient



Apriltags in a nutshell: Fonctionnement

Introduction

RA

TP 1

Overview

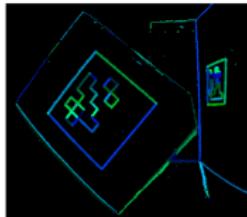
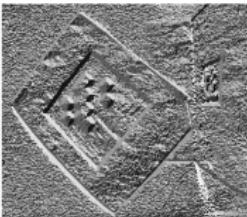
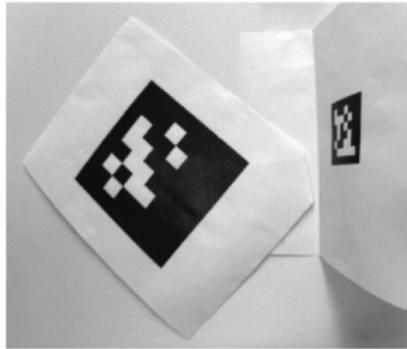
► Apriltags

Objectif

Calibration

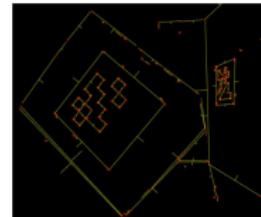
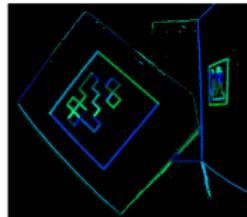
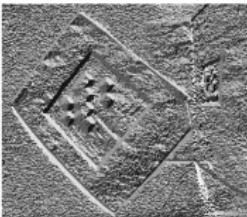
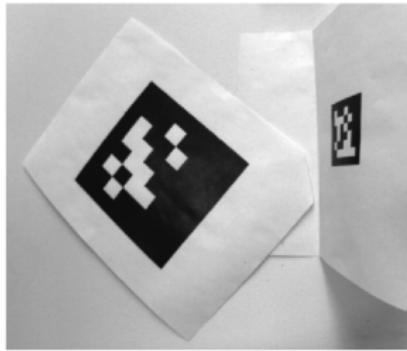
TP 2

- Filtrage selon l'intensité du gradient
- Détection de segments par regroupement de points au gradient similaire



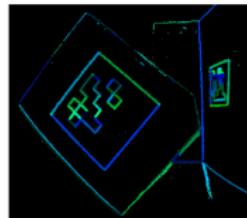
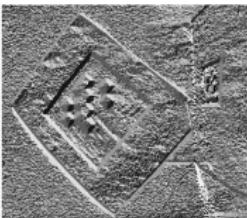
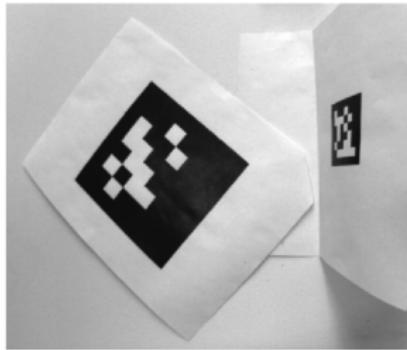
Apriltags in a nutshell: Fonctionnement

- Filtrage selon l'intensité du gradient
- Détection de segments par regroupement de points au gradient similaire
- Détection de quadrilatères par regroupement intelligent de segment



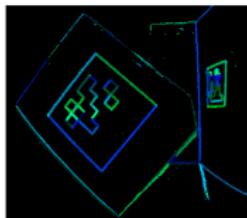
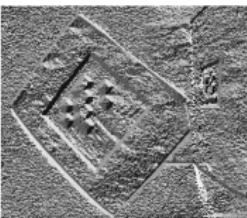
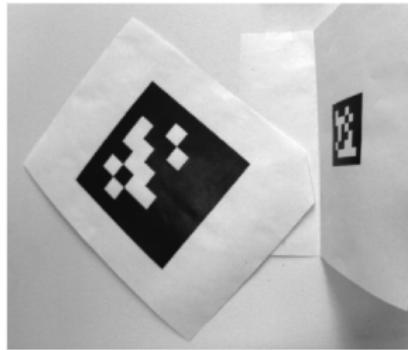
Apriltags in a nutshell: Fonctionnement

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



Apriltags in a nutshell: Fonctionnement

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



Étapes du TP

Introduction

RA

TP 1

Overview

Apriltags

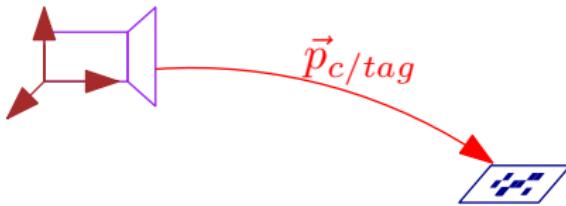
► Objectif

Calibration

TP 2

Afin de réaliser notre application, nous allons suivre les étapes suivantes :

1^{ere} étape : récupération de la position du AprilTag



Real world

Étapes du TP

Introduction

RA

TP 1

Overview

Apriltags

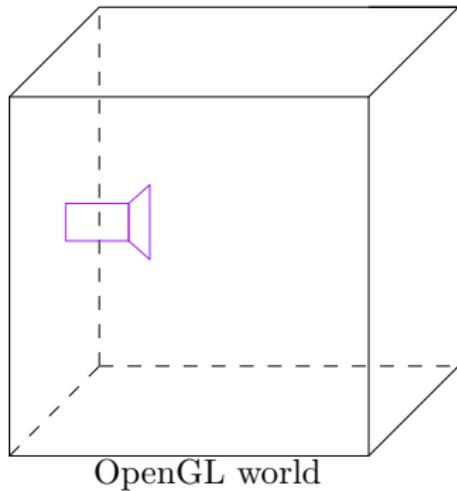
► Objectif

Calibration

TP 2

Afin de réaliser notre application, nous allons suivre les étapes suivantes :

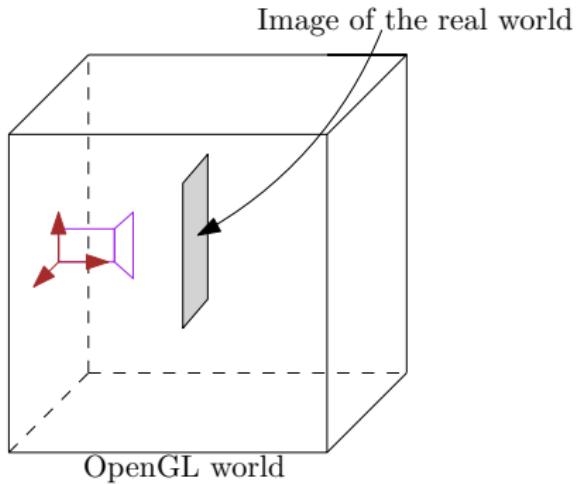
2^{eme} étape : création d'un environnement et d'une caméra virtuelle



Étapes du TP

Afin de réaliser notre application, nous allons suivre les étapes suivantes :

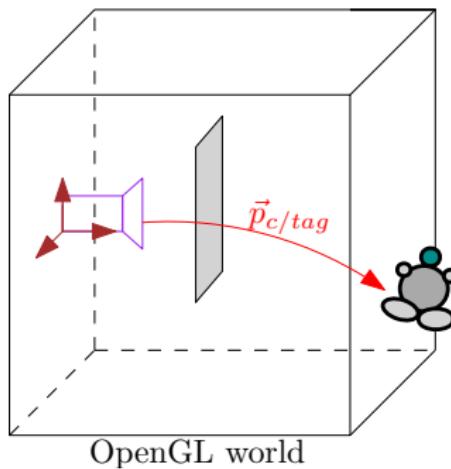
3^{eme} étape : projection de l'image réelle dans le monde virtuelle



Étapes du TP

Afin de réaliser notre application, nous allons suivre les étapes suivantes :

4^{eme} étape : ajout d'un élément numérique à la place du tag



La danse de la calibration

Introduction

RA

TP 1

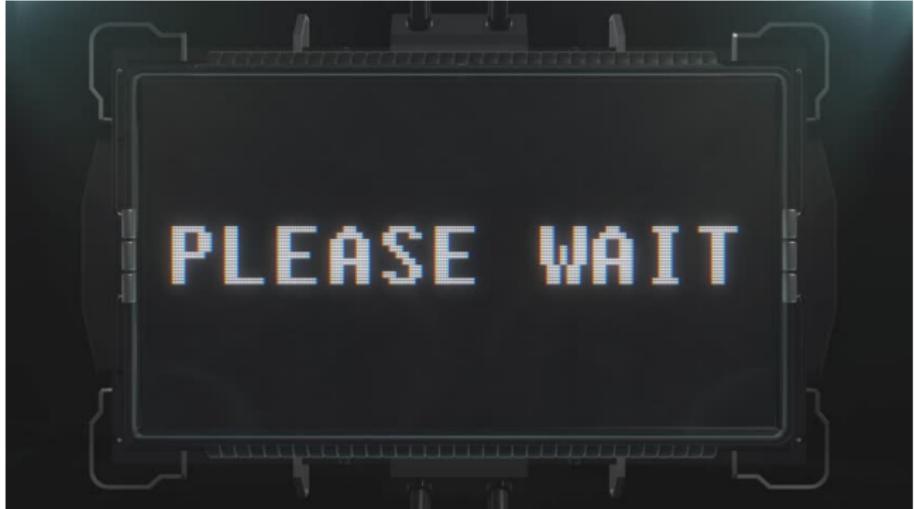
Overview

Apriltags

Objectif

► Calibration

TP 2



Bien changer la position et l'orientation de la mire de calibration à chaque frame !

RA en environnement libre

Les éléments du TP 2



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Introduction

RA

TP 1

TP 2

► Overview

Orbslam2

Objectif

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

- **Perception** Une webcam
- **Lien réel-virtuel** Un algorithme d'odométrie visuel (SLAM)
- **Projection** Une fenêtre sur votre écran d'ordinateur

Orbslam2 in a nutshell: SLAM

SLAM : Simultaneous Localization And Mapping, parfois désigné sous l'acronyme CML (Concurrent Mapping and Localization).

Utilisation de capteurs extrinsèques (et parfois intrinsèques) pour créer une carte de l'environnement et se localiser dans cette même carte. Largement utilisé dans les domaines de la robotique, des voitures autonomes et en réalité augmentée.

Référence

Mur-Artal, R., Montiel, J. M. M., & Tardos, J. D. (2015). ORB-SLAM: a versatile and accurate monocular SLAM system. IEEE Transactions on Robotics, 31(5), 1147-1163.

Exemple en vidéo

Introduction

RA

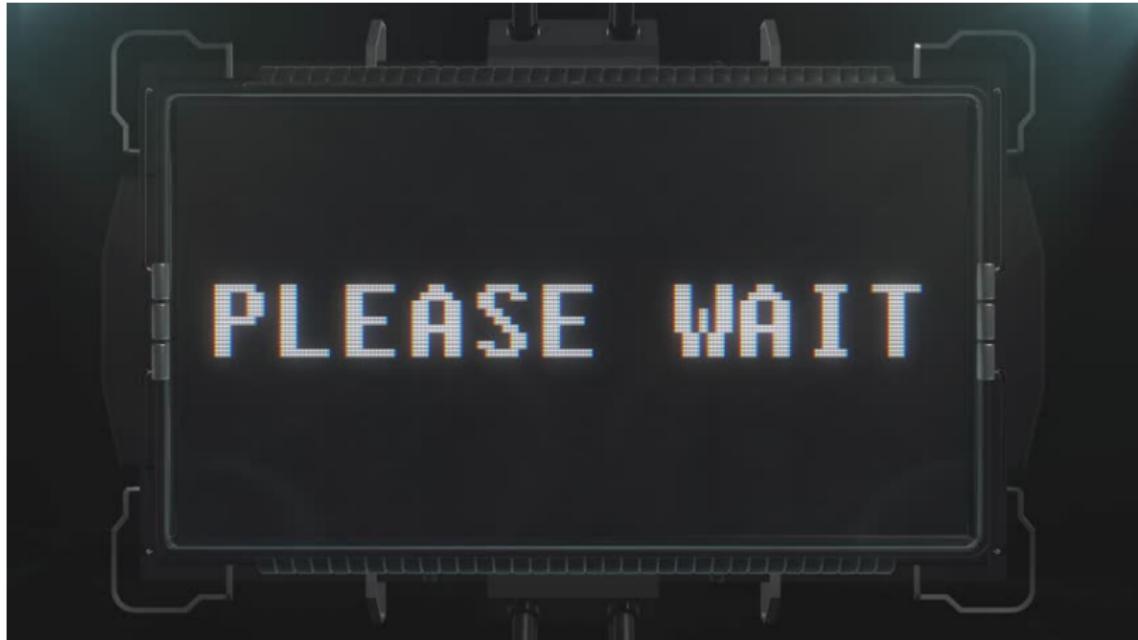
TP 1

TP 2

Overview

► Orbslam2

Objectif



DSO SLAM

Orbslam2 in a nutshell: Fonctionnement



ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES

Orbslam2 regroupe les fonctionnalités suivantes :

[Introduction](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)

[Overview](#)

► [Orbslam2](#)

[Objectif](#)

Orbslam2 in a nutshell: Fonctionnement

Orbslam2 regroupe les fonctionnalités suivantes :

Introduction

RA

TP 1

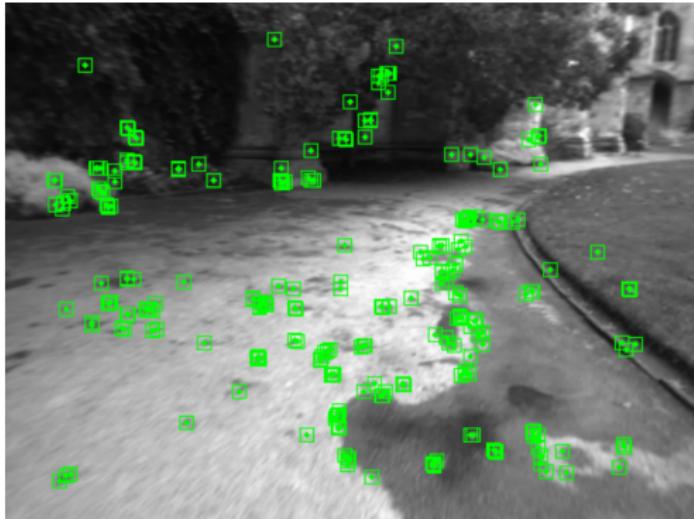
TP 2

Overview

► Orbslam2

Objectif

- Détection & description de points d'intérêts (ORB)



Orbslam2 in a nutshell: Fonctionnement

Orbslam2 regroupe les fonctionnalités suivantes :

Introduction

RA

TP 1

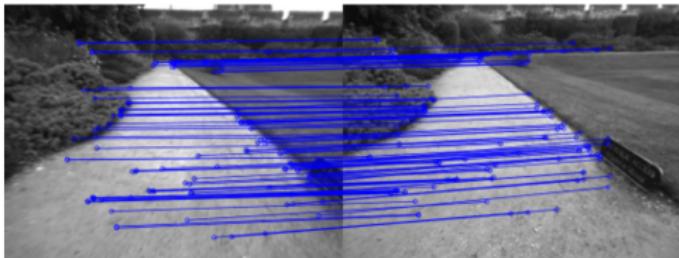
TP 2

Overview

► Orbslam2

Objectif

- Détection & description de points d'intérêts (ORB)
- Matching



Orbslam2 in a nutshell: Fonctionnement

Orbslam2 regroupe les fonctionnalités suivantes :

Introduction

RA

TP 1

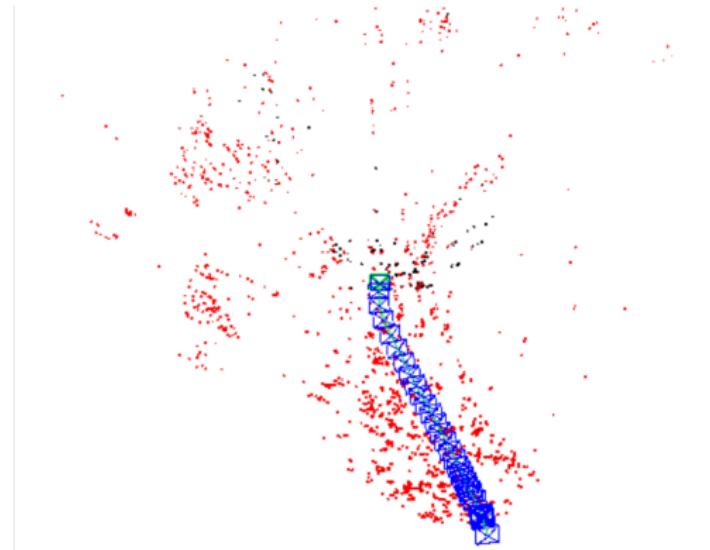
TP 2

Overview

► Orbslam2

Objectif

- Détection & description de points d'intérêts (ORB)
- Matching
- Calcul de poses successives et triangulation des points d'intérêts



Orbslam2 in a nutshell: Fonctionnement

Orbslam2 regroupe les fonctionnalités suivantes :

Introduction

RA

TP 1

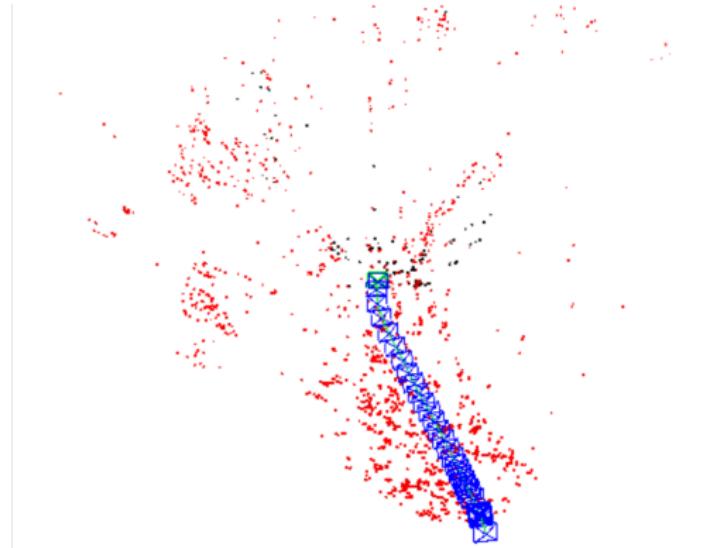
TP 2

Overview

► Orbslam2

Objectif

- Détection & description de points d'intérêts (ORB)
- Matching
- Calcul de poses successives et triangulation des points d'intérêts
- Re-localisation



Orbslam2 in a nutshell: Fonctionnement

Introduction

RA

TP 1

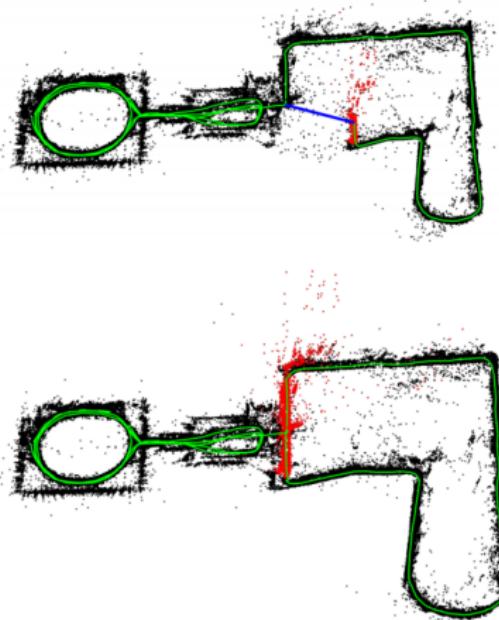
TP 2

Overview

► Orbslam2

Objectif

- Détection & description de points d'intérêts (ORB)
- Matching
- Calcul de poses successives et triangulation des points d'intérêts
- Re-localisation
- Optimisation de la carte : loop closing, local BA...



Étapes du TP

[Introduction](#)

[RA](#)

[TP 1](#)

[TP 2](#)

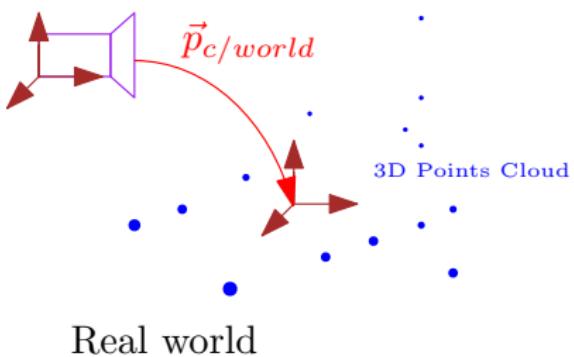
[Overview](#)

[Orbslam2](#)

[► Objectif](#)

Afin de réaliser notre application, nous allons suivre les étapes suivantes :

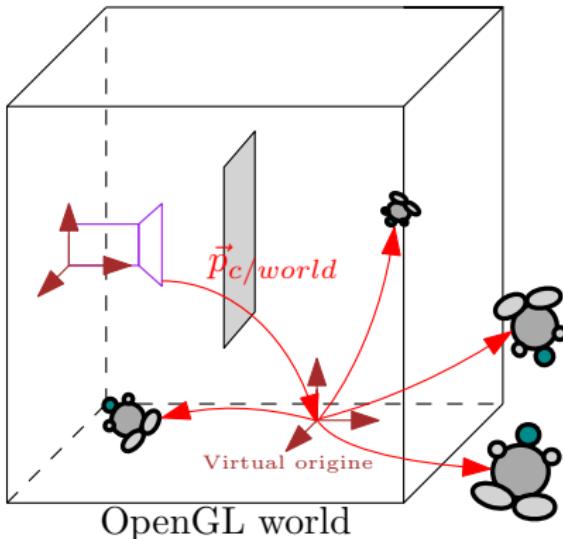
1^{ère} étape : récupération de la position de la caméra par rapport à la carte créée par l'algorithme de SLAM



Étapes du TP

Afin de réaliser notre application, nous allons suivre les étapes suivantes :

2^{eme} étape : ajout d'éléments numériques aux positions des points 3D détectés dans l'environnement





INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

L'information grandeur nature



Merci pour votre attention !

nathan.piasco@ign.fr