

# Projets Technologiques: Vision 3D pour robots

Quelques notions de robotique

2 octobre 2019

# À l'origine : les automates

- Caractéristiques
  - Mouvement répétitifs
  - Avant tout mécanique
- Exemples

# À l'origine : les automates

- Caractéristiques
  - Mouvement répétitifs
  - Avant tout mécanique
- Exemples
  - 1725 : Métiers à tisser semi-automatique (Basile Bouchon)
  - 1739 : Canard de Vaucanson (Jacques Vaucanson)

# L'essor des robots industriels

- Caractéristiques
  - Environnement contrôlé
  - Tâches entièrement spécifiées et répétitive
  - Choix du comportement relégué à l'humain
- Exemples :

# L'essor des robots industriels

- Caractéristiques
  - Environnement contrôlé
  - Tâches entièrement spécifiées et répétitive
  - Choix du comportement relégué à l'humain
- Exemples :
  - Bras robotique
  - Machines à laver
  - Robots logistiques (suivi de lignes)

# Aujourd'hui : le développement des robots autonomes

- Caractéristiques
  - Environnement inconnu
  - Apprentissage
  - Prise de décision autonome
  - Interactions avec les humains
- Exemples :

# Aujourd'hui : le développement des robots autonomes

- Caractéristiques
  - Environnement inconnu
  - Apprentissage
  - Prise de décision autonome
  - Interactions avec les humains
- Exemples :
  - Robots aspirateurs
  - Voitures autonomes
  - Cobot : robot coopératifs
  - Drônes



# Quels sont les composants principaux d'un robot ?

- Les actionneurs
  - Agir sur son environnement
- Les capteurs
  - Acquisition d'information sur l'environnement
- Le 'cerveau'
  - Quels actions choisir avec les informations reçues ?



# Quels capteurs

- Exemples de capteurs
  - Caméras (noir et blanc, couleurs, infra-rouges)
  - Distance (sonar, laser, infra-rouges)
  - Tactile (pare-choc)
  - Centrale inertielle (accélération et vitesse)
  - Capteur de signaux GNSS
  - Magnétomètre
  - ...

# Quels capteurs

- Exemples de capteurs
  - Caméras (noir et blanc, couleurs, infra-rouges)
  - Distance (sonar, laser, infra-rouges)
  - Tactile (pare-choc)
  - Centrale inertielle (accélération et vitesse)
  - Capteur de signaux GNSS
  - Magnétomètre
  - ...
- Quels capteurs sur un smartphone ?

# Capteurs et environnement

- Avez-vous déjà essayé ?
  - Une caméra dans une grotte sans lumière
  - Un sonar dans l'espace (ou sur des avions de chasse)
  - Un capteur tactile pour anticiper un choc
  - Localisation GNSS dans une forêt dense
  - Une kinect dans le jardin
  - ...
- On retrouve la même logique chez les animaux
  - Acuité visuelle des oiseaux
  - Les sonars des chauves souris
  - ...

# La kinect v1 à l'extérieur : Pourquoi ça ne marche pas ?

# La kinect v1 à l'extérieur : Pourquoi ça ne marche pas ?

## Émission de lumière structurée (IR)



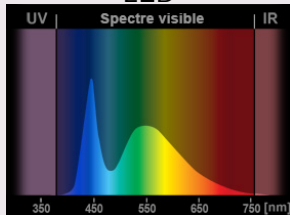
# La kinect v1 à l'extérieur : Pourquoi ça ne marche pas ?

## Émission de lumière structurée (IR)

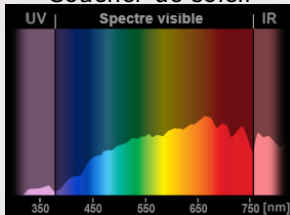


## Ampoule classiques vs Halogène/lumière naturelle

LED



Coucher de soleil



# La cohérence temporelle

## Principe

- Utilisation d'un historique
- L'état à  $t + 1$  d'un système dépend l'état en  $t$

## Quelques possibilités

## Principaux défis

# La cohérence temporelle

## Principe

- Utilisation d'un historique
- L'état à  $t + 1$  d'un système dépend l'état en  $t$

## Quelques possibilités

- Compréhension dynamique (vitesse à partir de positions)
- Localisation
- Détection de mouvements

## Principaux défis



# La cohérence temporelle

## Principe

- Utilisation d'un historique
- L'état à  $t + 1$  d'un système dépend l'état en  $t$

## Quelques possibilités

- Compréhension dynamique (vitesse à partir de positions)
- Localisation
- Détection de mouvements

## Principaux défis

- Quels informations conserver ?
- Comment assimiler de nouvelles informations

# L'odométrie

## Principe

Estimation du mouvement à partir des données capteurs

## Quelques exemples

## Utilisation

# L'odométrie

## Principe

Estimation du mouvement à partir des données capteurs

## Quelques exemples

- Incrémentation des encodeurs pour des roues
- Intégration des valeurs d'une centrale inertielle
- Odométrie visuelle : Estimation déplacement basée images

## Utilisation

# L'odométrie

## Principe

Estimation du mouvement à partir des données capteurs

## Quelques exemples

- Incrémentation des encodeurs pour des roues
- Intégration des valeurs d'une centrale inertielle
- Odométrie visuelle : Estimation déplacement basée images

## Utilisation

- Navigation/Localisation
- Cartographier un environnement -> SLAM

# SLAM : Simultaneous Localization And Mapping

## Les objectifs

- Localisation dans un environnement inconnu
- Création d'un modèle interne de l'environnement
- Exploration de l'environnement

## Quels outils pour le SLAM ?

# SLAM : Simultaneous Localization And Mapping

## Les objectifs

- Localisation dans un environnement inconnu
- Création d'un modèle interne de l'environnement
- Exploration de l'environnement

## Quels outils pour le SLAM ?

- Multiples capteurs et fusion de données
- Odométrie
- Identification de points caractéristiques
- Cohérence temporelle (environnement statique)

# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?

# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?
  - Émetteurs
  - Infrastructure dédiée



# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?
  - Émetteurs
  - Infrastructure dédiée
- Avantages
  - Environnement contrôlé
  - Capteurs moins chers

# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?
  - Émetteurs
  - Infrastructure dédiée
- Avantages
  - Environnement contrôlé
  - Capteurs moins chers
- Inconvénients
  - Changement et entretien infrastructure → Trop cher
  - Mise à jour des véhicules → mise à jour des routes ?

# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?
  - Émetteurs
  - Infrastructure dédiée
- Avantages
  - Environnement contrôlé
  - Capteurs moins chers
- Inconvénients
  - Changement et entretien infrastructure → Trop cher
  - Mise à jour des véhicules → mise à jour des routes ?

## Voitures semi-autonomes

- Comment

# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?
  - Émetteurs
  - Infrastructure dédiée
- Avantages
  - Environnement contrôlé
  - Capteurs moins chers
- Inconvénients
  - Changement et entretien infrastructure → Trop cher
  - Mise à jour des véhicules → mise à jour des routes ?

## Voitures semi-autonomes

- Comment
  - Robotique autonome
  - Autonomie progressive

# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?
  - Émetteurs
  - Infrastructure dédiée
- Avantages
  - Environnement contrôlé
  - Capteurs moins chers
- Inconvénients
  - Changement et entretien infrastructure → Trop cher
  - Mise à jour des véhicules → mise à jour des routes ?

## Voitures semi-autonomes

- Comment
  - Robotique autonome
  - Autonomie progressive
- Avantages
  - Pas d'infrastructure
  - Amélioration incrémentale

# Véhicule autonomes : Comment faire ?

## Adapter les routes

- Comment ?
  - Émetteurs
  - Infrastructure dédiée
- Avantages
  - Environnement contrôlé
  - Capteurs moins chers
- Inconvénients
  - Changement et entretien infrastructure → Trop cher
  - Mise à jour des véhicules → mise à jour des routes ?

## Voitures semi-autonomes

- Comment
  - Robotique autonome
  - Autonomie progressive
- Avantages
  - Pas d'infrastructure
  - Amélioration incrémentale
- Inconvénients
  - Prix des véhicules
  - Complexité technique

# Quels capteurs sur une voiture autonome ?

- Sonars :
  - Détection obstacles très proches (quelques mètres)
- Radars
  - Détection à plusieurs dizaines de mètres
- Lidars
  - Laser rotatif reconstruisant un environnement 3D
- Caméras
  - Identification des obstacles
  - Signalisation

# Voiture semi-autonomes et accidents

- Au moins 6 accidents mortels en mode 'semi-autonome'
  - Tesla : 5 (2016, 2018, 2019)
  - Uber : 1 (2018)



# Voiture semi-autonomes et accidents

- Au moins 6 accidents mortels en mode 'semi-autonome'
  - Tesla : 5 (2016, 2018, 2019)
  - Uber : 1 (2018)

## Focus : 7 mai 2016 (Tesla S)

- Que s'est-il passé ?
  - Route bloquée par un semi-remorque
  - Conducteur de la voiture inattentif
- Nombre de millions de kilomètres parcourus par mort
  - Tesla : 209
  - Tous véhicules US : 150
  - Véhicules récents US : 600 (2012 ou plus récent)

# Raisons de l'accident

- Échec de la vision
  - Remorque totalement blanche
  - Ciel très lumineux
  - Confusion voiture et ciel
- Échec du radar
  - Confusion avec un panneau indicateur
- Quels capteurs auraient évité l'accident ?
  - Lidar ?
  - Stéréoscopie ?

# Avantages

- Capteurs passifs
  - Avantage pour des flottes de robots
- Possède tous les avantages des caméras
- Permet de construire des cartes 3D
  - En couleur !

# Inconvénients

- Positionnement des caméras crucial
- Ne fonctionne pas sur des fonds uniformes
- Puissance de calcul requise
  - Consommation énergétique
  - Poids (ex. Drones)
  - Encombrement