

# Cours de Robotique 1

MENASRI Riad

03-02-2014

menasri.riad@gmail.com

# Plan

- Architecture de contrôle
- Type d'information
- Capteurs proprioceptifs
- Capteurs extéroceptifs

# Architecture de contrôle

## Un robot est un système complexe

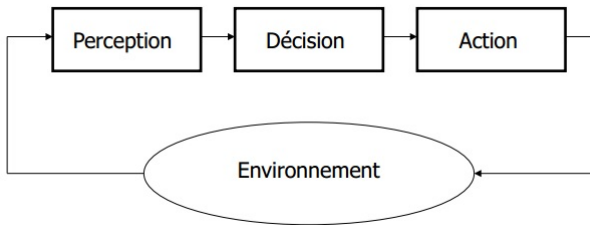
- Buts à court et à long terme
- Buts contradictoires
- Besoin de réactivité (temps réel)
- Gestion des capteurs et des ressources

L'architecture de contrôle définit comment ces différentes contraintes sont gérées.

Elle définit comment organiser le cycle  
Perception-Décision-Action

# Les contrôleurs hiérarchiques

- Historiquement les premiers (Shakey - 1967)
- Privilégie les capacités de raisonnement sur un modèle du monde (premières applications de l'IA : STRIPS)
- Perception et action assurent simplement les entrées sorties du système de planification (décision)



# Les contrôleurs hiérarchiques

## STRIPS

- Planification symbolique
- Description de l'état à atteindre
- Planification des actions pour réduire les différences entre l'état courant et l'état but
- Actions représentées sous forme :  
Différence - Précondition – Liste ajout – Liste retrait

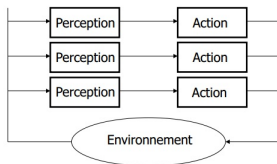
# Les contrôleurs hiérarchiques

## Caractéristiques

- Planification à long terme
- Repose sur le modèle du monde unique qui doit contenir toutes les informations nécessaires
  - Hypothèse de monde fermé (pas de surprises) non vérifiée
  - Frame problem (comment définir le monde de manière suffisante?)
  - Problème de validité dans le temps (l'action est déclenchée alors que le modèle n'est plus valable)
  - Planification (longue) à chaque cycle
- Manque de réactivité face aux situations imprévues
- Boucle P/D/A très longue
- Contrôle des actions difficile

# Les contrôleurs réactifs (Rodney Brooks, 1991)

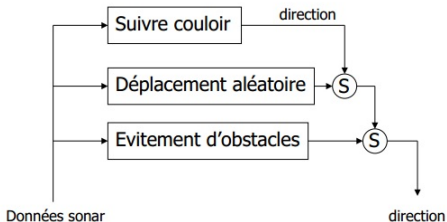
- Complètement opposé à l'approche hiérarchique et à son modèle du monde
- Privilégie la réactivité
- Ensemble de comportements fonctionnant en parallèle + arbitrage
- Comportement global émergent des comportements élémentaires
- Pas de modèle interne pour les comportements



# Les contrôleurs réactifs

## Choix de l'action réalisée en fonction des choix des différents comportements

- Combinaison linéaire (direction, vitesse ...). Ex : champs de potentiels, logique floue ...
- Arbitrage (hiérarchisé, vote, etc.). Ex : Architecture de subsumption (R. Brooks)





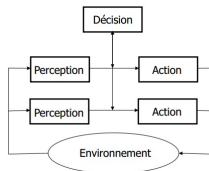
# Les contrôleurs réactifs

## Caractéristiques

- Liens avec la biologie
- Boucle P/D/A très courte
- Modulaire
- Implémentations très spécifiques à un problème
- Limité par le manque de modèle du monde comme support de prévision des actions à long terme

# Les contrôleurs hybrides

- Synthèse des deux approches précédentes
- Bas niveau réactif
- Haut niveau délibératif(planification)
- Le haut niveau contient une ou des représentations du monde et planifie des actions que le bas niveau peut exécuter
- Le bas niveau gère les imprévus en exécutant le plan au mieux
- Possibilité de hiérarchie de niveaux



# Les contrôleurs hybrides

## 2 boucles P/D/A longues et courtes

### Niveau réactif

- Différents comportements
- Sélection par champs de potentiels, subsomption, vote, logique floue

### Niveau délibératif

- Différents modèles du monde
- Différentes échelles de temps
- Différents plans : objectifs, chemins...
- Un plan peut être un enchaînement de comportements, des paramètres des comportements...
- Capteur virtuel : haut niveau-à bas niveau

# Les contrôleurs hybrides

## Architectures très répandues, nombreuses variantes

- AuRA
- 3T (Planner, Sequencer, Skills)
- Saphira
- 4D/RCS
- HARPIC

## 2 types d'informations

### 2 types d'informations aux propriétés complémentaires

- Informations internes : informations proprioceptives (ou idiothétiques), renseignent sur les déplacements.

#### Ex : Odométrie, inertie

- Renseigne sur le déplacement
- Erreur cumulative (processus d'intégration)
- Inutilisable à long terme
- Référence simple à utiliser, peu dépendante de la position

# Perceptions

## Modèle métrique pour les perceptions :

M

Modèle permettant de retrouver la position métrique d'objets perçus à partir des perceptions

- Possible pour un télémètre, avec des caméras stéréoscopiques, ou une caméra en mouvement
- Impossible ou très difficile pour d'autres capteurs : température, odeur...
- Permet de faire abstraction du capteur utilisé
- Peut dépendre de l'environnement et être complexe à estimer

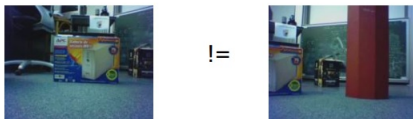
# Perceptions

## Perceptions sans modèle métrique

- Possibilité de mémoriser et reconnaître une position



- Mais pas d'information autre que l'identité

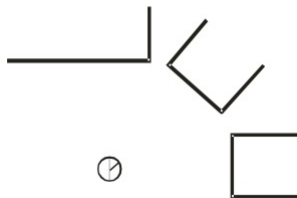


-> pas d'info sur la position

# Perceptions

## Perceptions sans modèle métrique

- Possibilité d'extraire des objets avec leurs positions (dans l'espace des données proprioceptives)
- Création d'une représentation objective

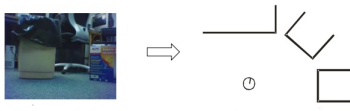




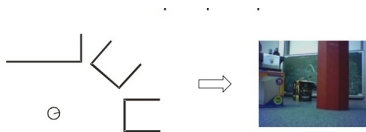
# Perceptions

## Perceptions avec modèle métrique

- Permet de calculer la position du robot par rapport à un objet perçu



- Permet de calculer les perceptions pour une nouvelle position



# Utilisation pour la navigation

## Utilisation conjointe des deux types d'information

- Compenser la dérive de la proprioception par les perceptions
- Lever les ambiguïtés des perceptions par la proprioception

**Un bon système de navigation utilise au mieux ces deux informations**

# Odométrie

Mesure de la rotation des roues (par ex codeur optique)  
ou du déplacement des pattes



Intégration



Estimation du déplacement

**Dépend beaucoup du contact au sol** Estimation de la  
direction très très peu fiable

# Senseurs inertiels

Mesure de l'accélération en translation/rotation



Intégration (2 fois)



Estimation du déplacement

**Les senseurs doivent être très précis : coût élevé.  
Apparition de capteurs bas coût (précision moyenne)**

# Mesure de la direction

## Gyroscopes

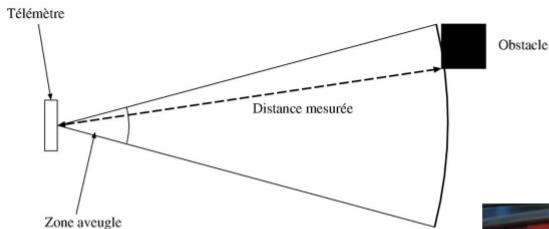
- Direction par rapport à une direction de référence arbitraire
- Systèmes mécaniques, optiques ...

## Magnétomètres : mesure le champ magnétique local

- En extérieur, donne le nord magnétique
- Difficile à utiliser en intérieur (perturbation par les masses métalliques)

# Télémètres ultrason

## Mesure du temps de vol d'une onde sonore



# Télémètres ultrason

## Problèmes

- zone aveugle
- réflexions multiples
- Réponse dépend du matériaux

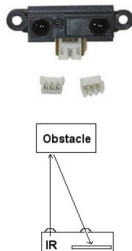


**Mesures peu fiables**  
**Forte consommation électrique**

# Télémètres infrarouge

## Triangulation d'un faisceau IR

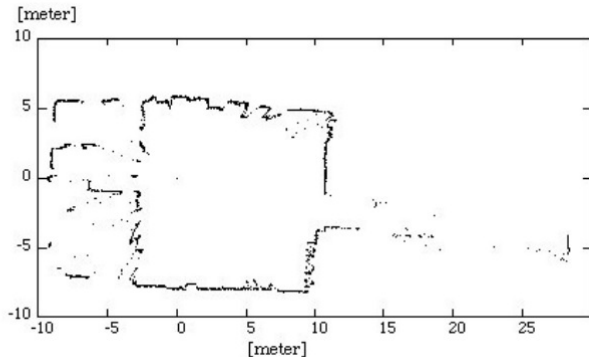
- Peu cher
- Faible consommation
- Peu d'interférences
- Faible angle d'ouverture
- Sensible à la lumière extérieure





# Télémètre laser

## Mesure de distance grâce à un laser balayant un plan



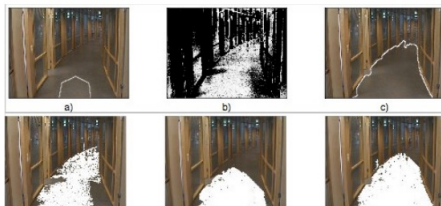
# Télémètre laser

- Couvre 180 à 360 degrés jusqu'à environ 50m
- Résolution ou 1 degré
- Fréquence : 10 - 75 Hz
- Bruit de qq cm
- \* Restreint à un plan des obstacles non perçus
- \* Certains objets réfléchissants non détectés (réflexions spéculaires)
- \* Vitres (propres !) non détectées

# Vision par ordinateur

## Caméra simple

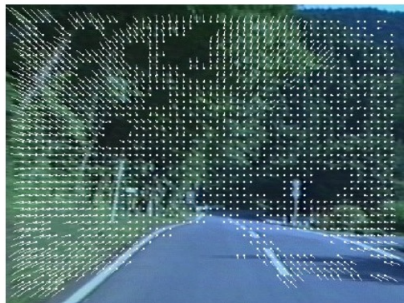
- Détection d'amers 2d ou 3d (points, segments, imageries, objets ...)
- Détection du sol, de couloirs, de portes...



# Vision par ordinateur

## Caméra simple

- Flot optique (odométrie, évitement d'obstacles)



- Détection et suivi d'objets mobiles ...

# Vision par ordinateur

## Caméra stéréoscopique

- Info 3D
- Portée limitée
- Besoin de textures (lumière)

## Caméra en mouvement

- Approche complexe
- Appariements difficiles
- Similarités avec le SLAM

# Télémètre laser 3D

## Laser balayant sur 2 axes

- Très bonne info 3D
- Fréquence d'acquisition faible
- Mécanique importante (lourdeur, fragilité)



# Autres capteurs

## Capteurs de contact

- Arrêt d'urgence, évitement d'obstacles

## Systèmes de balises

- Préparation de l'environnement
- Couleurs, codes barres, radio, infrarouge

## GPS

- Ne renseigne pas sur l'environnement !
- Limitations en intérieur/urbain