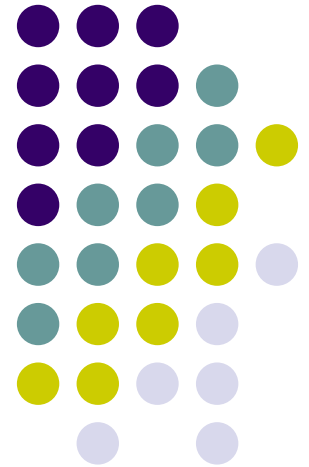


Apprentissage d'une Tâche de Contrôle pour un Robot Mobile en LEGO Mindstorms

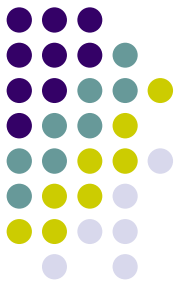
Mémoire présenté par
Benjamin Haibe-Kains

Directeur de mémoire:
M. Gianluca Bontempi



Mémoire

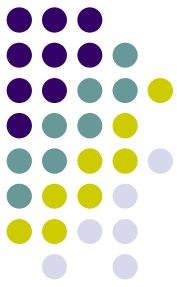
Plan



- Introduction
- Contributions
- Plateforme Robotique
- Tâche de Contrôle
- Expériences
- Conclusion
- Travaux Futurs

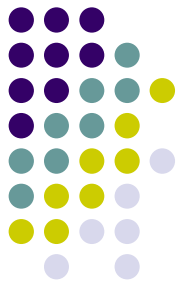
Mémoire

Plan



- Introduction
 - Contributions
 - Plateforme Robotique
 - Tâche de Contrôle
 - Expériences
 - Conclusion
 - Travaux Futurs

Robotique



- Usage intensif de robots spécialisés et non autonomes
- Problème de la robotique autonome:
 - Environnement réel
 - Effets des actions incertains
 - Gestion complexe des informations sensorielles
- Premier pas vers l'autonomie: apprendre la relation sensori-motrice
- Utilisation de méthodes d'apprentissage

Introduction

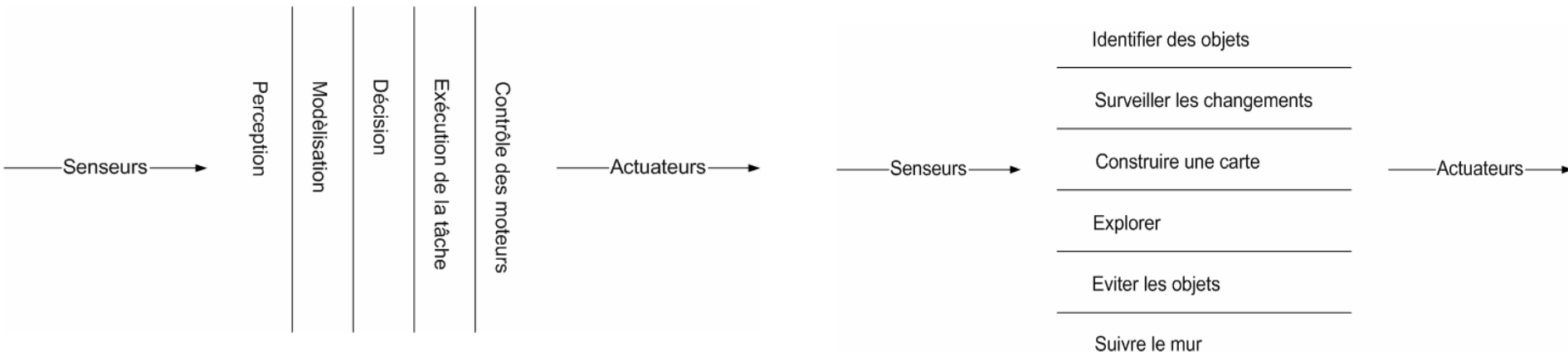
Robotique (2)



- Architecture de contrôle:

- Approche classique

- Approche basée sur le comportement (*behavior-based* - R. Brooks)



Introduction

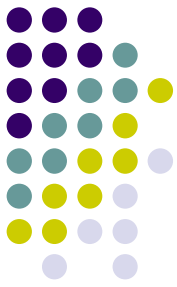
Mémoire



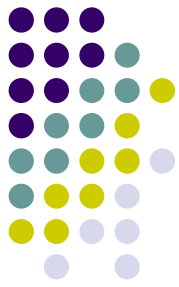
- Choix et développement d'une plateforme robotique
- Construction d'un robot mobile
- Réalisation d'une tâche grâce à plusieurs politiques de contrôle à des fins de comparaisons théorique et empirique
- Utilisation d'une méthode d'apprentissage
- Apprentissage adaptatif

Mémoire

Plan



- Introduction
- **Contributions**
- Plateforme Robotique
- Tâche de Contrôle
- Expériences
- Conclusion
- Travaux Futurs



Contributions

- Construction d'un robot mobile en LEGO Mindstorms
- Développement d'outils permettant son utilisation:
 - Communication
 - Gestion du matériel
- Mise en œuvre de plusieurs politiques de contrôle
- Comparaison sur base d'expériences en environnement réel

Mémoire

Plan



- Introduction
- Contributions
- **Plateforme Robotique**
- Tâche de Contrôle
- Expériences
- Conclusion
- Travaux Futurs

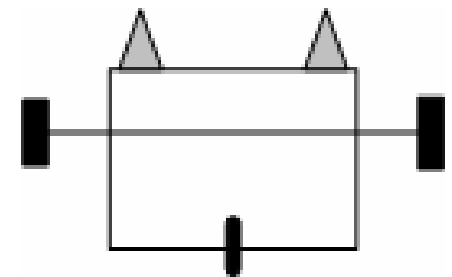
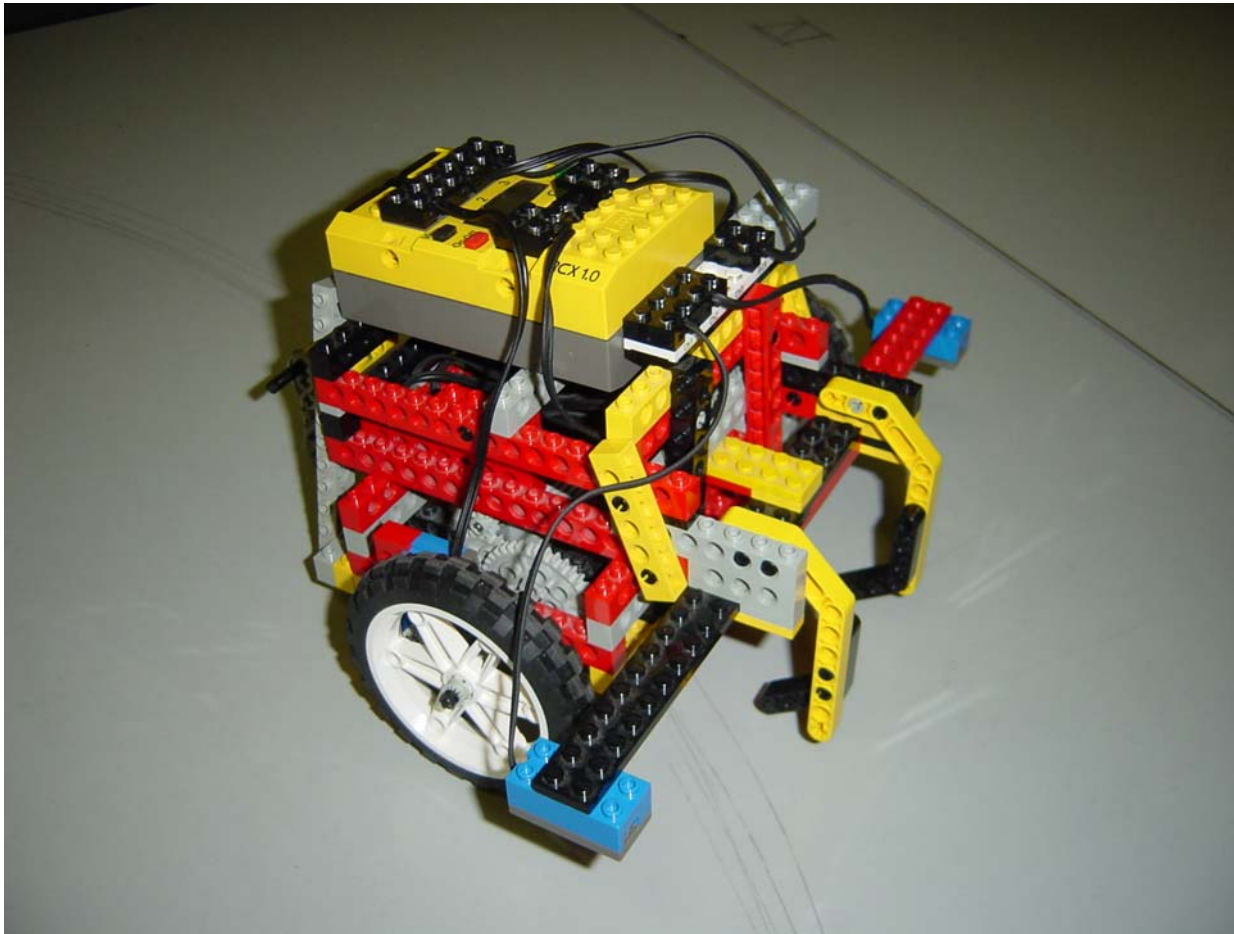
Plateforme Robotique

Matériel



- Choix des LEGO Mindstorms
- Construction d'un robot mobile autonome:
 - Cinématique: système par poussée différentielle
 - Périphériques du microcontrôleur du robot (RCX):
 - Moteurs (LEGO)
 - Senseurs de rotation (LEGO)
 - Senseurs de luminosité (LEGO)
 - Multiplexeur actif (Mindsensors)

Plateforme Robotique Matériel (2)



Plateforme Robotique

Matériel (3)



- Analyse des senseurs de luminosité:
 - Prix acceptable
 - Disponibilité
 - Information lumineuse pauvre:
 - Détection luminosité/obscurité à 1 m de la source lumineuse
 - Fort bruité comme senseur de distance
 - Variance élevée des mesures
 - Extraction de l'information difficile
- Mouvements imprécis

Plateforme Robotique

Logiciel



- BrickOS: système d'exploitation et programmes en C
- Protocole de communication
 - Gestion de plusieurs tours d'émission/réception infra-rouges pour une communication fiable
 - Gestion de plusieurs RCX
 - RCX exécute des ordres simples
 - Plateforme informatique contrôle le RCX

Mémoire

Plan

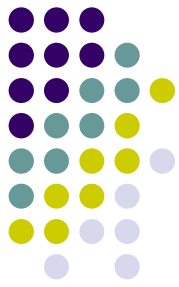
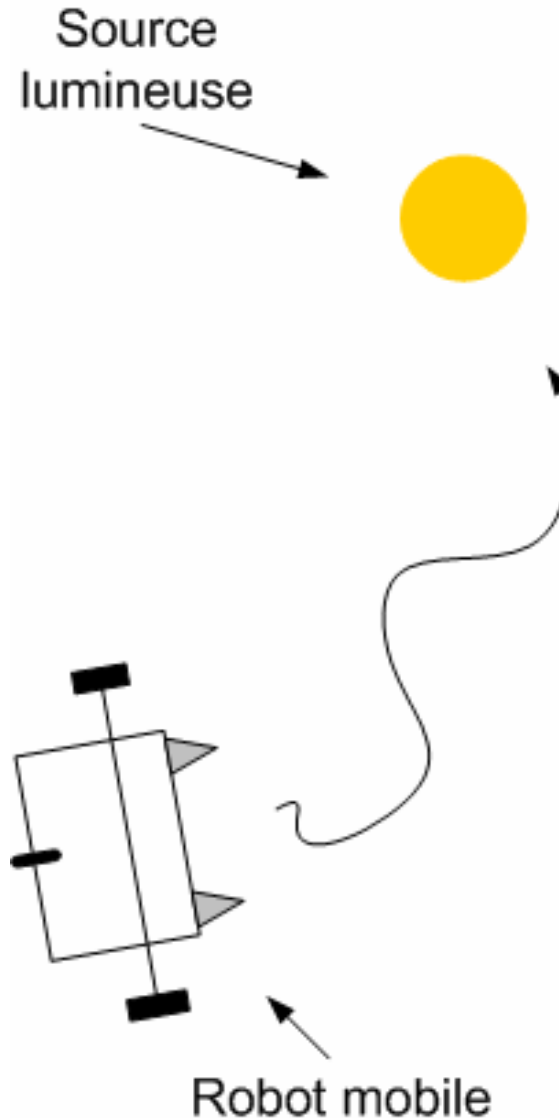


- Introduction
- Contributions
- Plateforme Robotique
- **Tâche de Contrôle**
- Expériences
- Conclusion
- Travaux Futurs

Tâche de contrôle

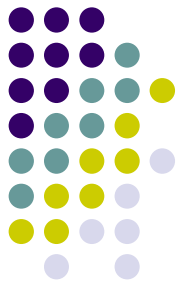
Description

- Recherche d'une source lumineuse
- Difficultés:
 - Mesures de luminosité bruitées
 - Déplacement imprécis

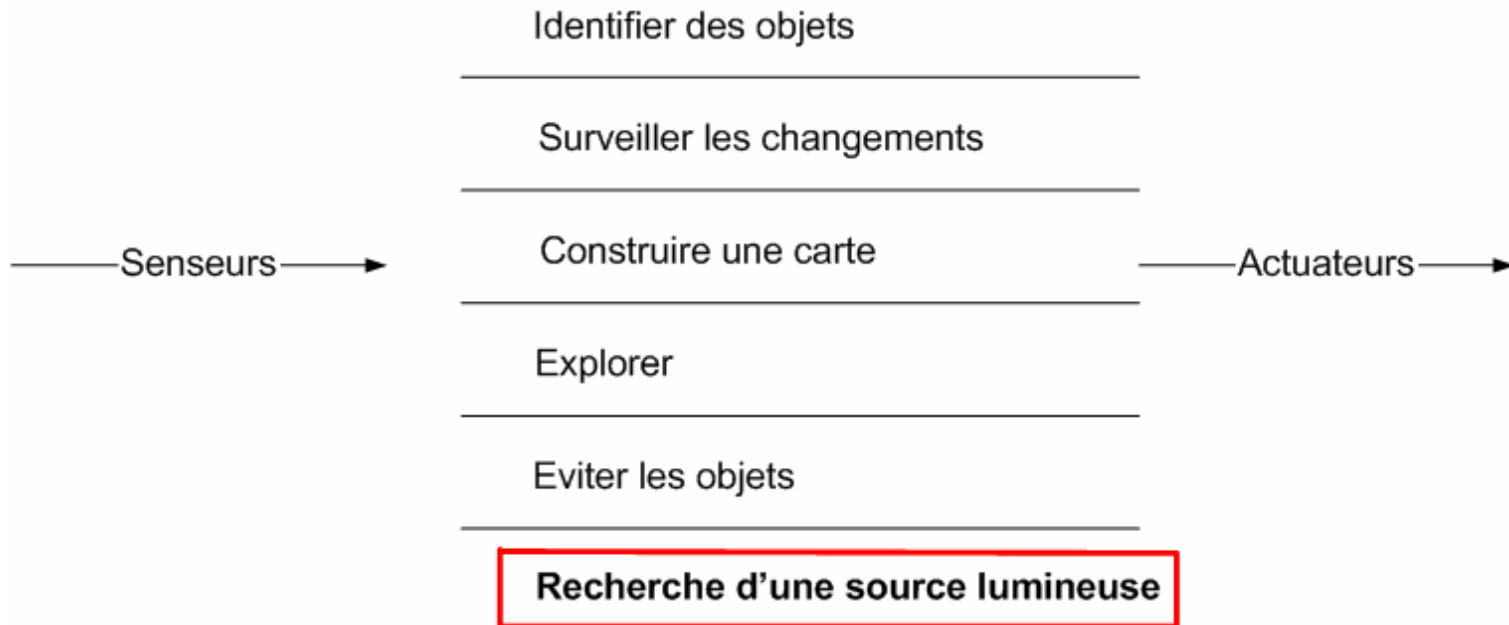


Tâche de contrôle

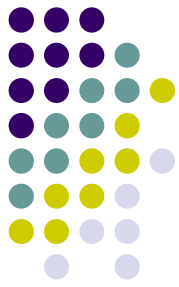
Description (2)



- S'inscrit comme un comportement possible de l'approche *behavior-based*



Politiques de Contrôle



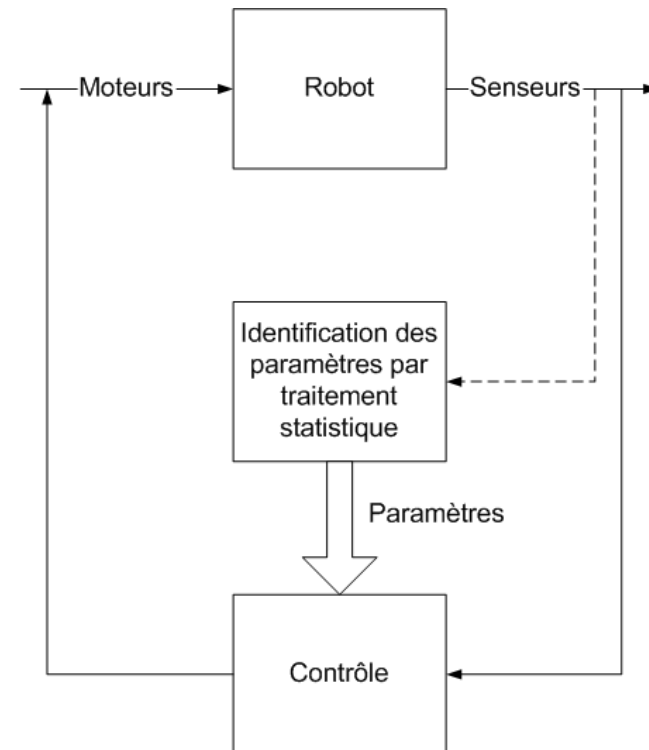
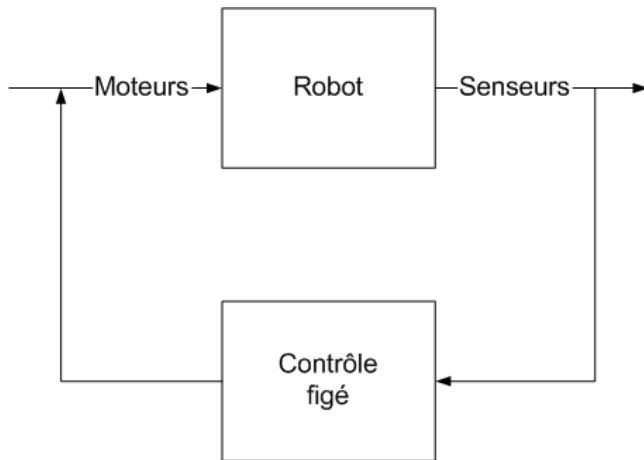
- A des fins de comparaisons théoriques et empiriques:
 - Politique de contrôle figée (PF)
 - Politique de contrôle basée sur l'analyse des données sensorielles (PAS)
 - Politique de contrôle basée sur l'apprentissage de la relation sensori-motrice (PAR)

Tâche de contrôle

PF et PAS

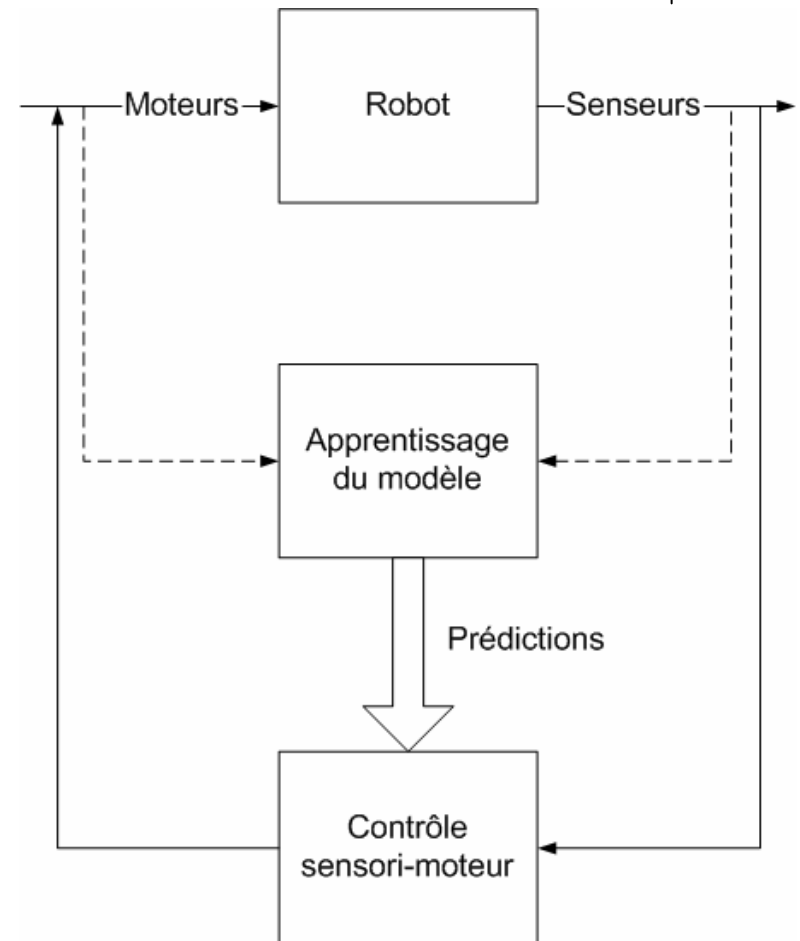


- Politiques de contrôle basée sur les connaissances du concepteur
- PF: contrôle figé
- PAS: contrôle paramétrique



Tâche de contrôle PAR

- Réalisation de la tâche par l'apprentissage de la relation sensori-motrice
- Méthode d'apprentissage local: *Lazy Learning*
- Contrôle basé sur les prédictions

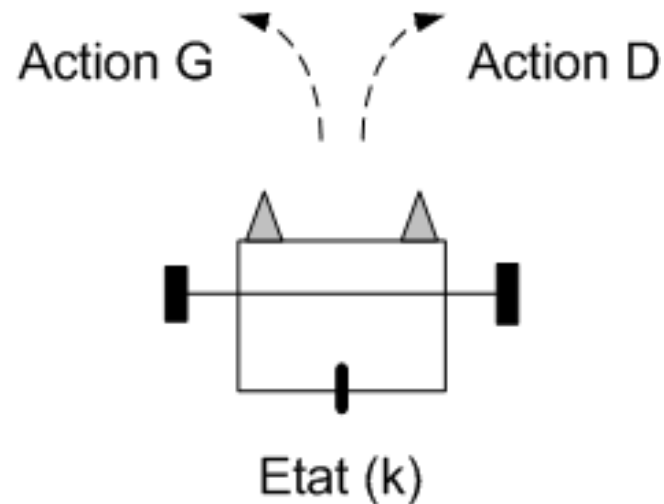


Tâche de contrôle

Contrôle



- Exemple de contrôle avec 2 actions possibles (déplacement à gauche ou à droite)

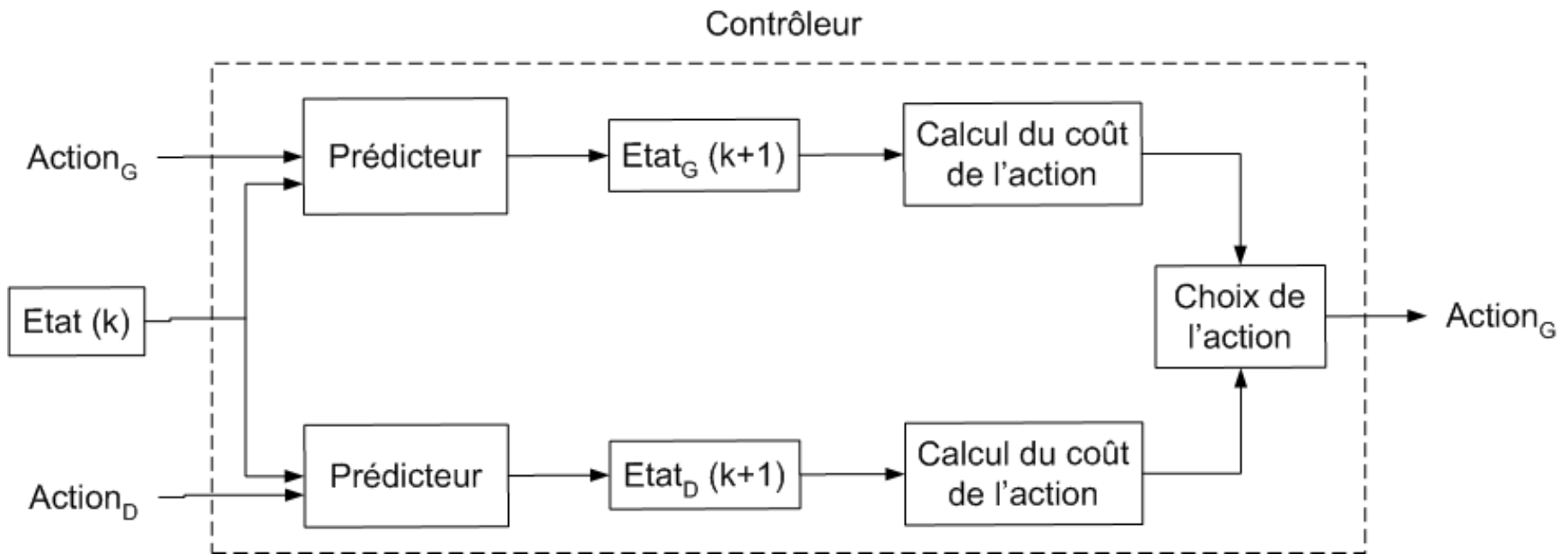


Tâche de contrôle

Contrôle (2)



- Contrôleur basé sur un prédicteur



Lazy Learning



- Méthode d'apprentissage local supervisé
- Utilisée pour apprendre la relation sensori-motrice
- Comparaison avec un modèle linéaire: le *Lazy Learning* est plus performant
- Utilisation efficace dans une politique de contrôle
- Apprentissage adaptatif aisé

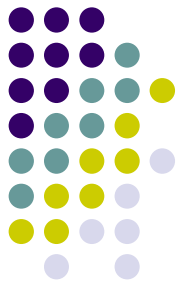
Mémoire

Plan

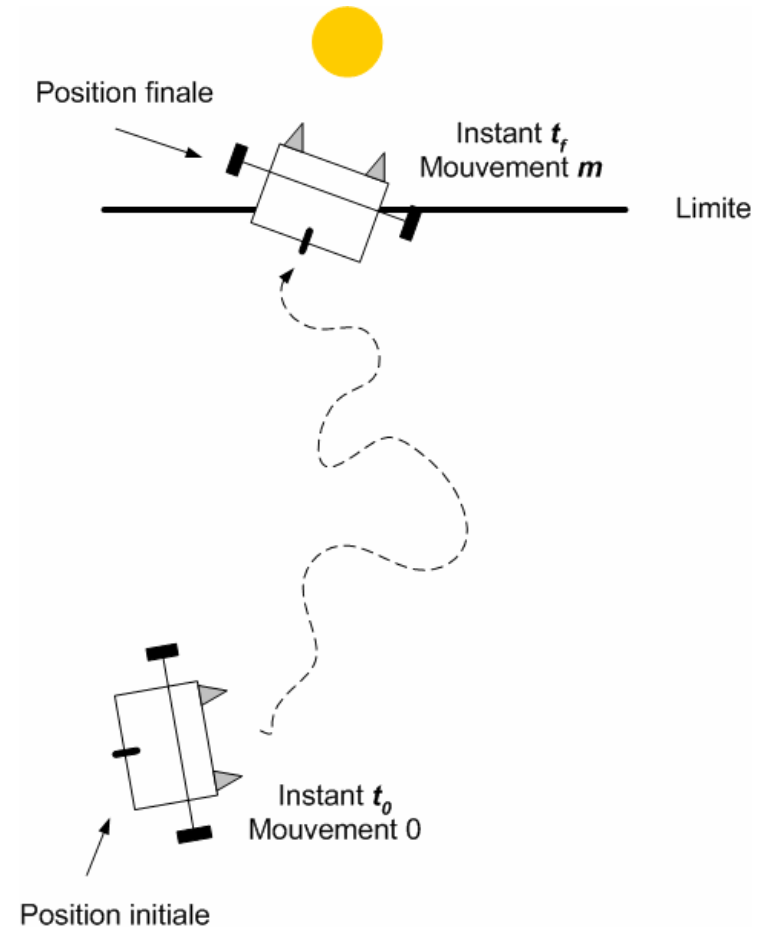


- Introduction
- Contributions
- Plateforme Robotique
- Tâche de Contrôle
- **Expériences**
- Conclusion
- Travaux Futurs

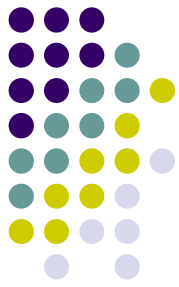
Recherche de la Lumière



- Performances du contrôle:
 - Nombre d'actions
 - Durée de l'expérience



Recherche de la Lumière (2)

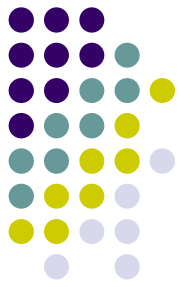


- Résultats:

	<i>PF</i>	<i>PAS</i>	<i>PAR</i>
Nombre d'actions	99	52	23
Durée de l'expérience (sec)	168	313	43

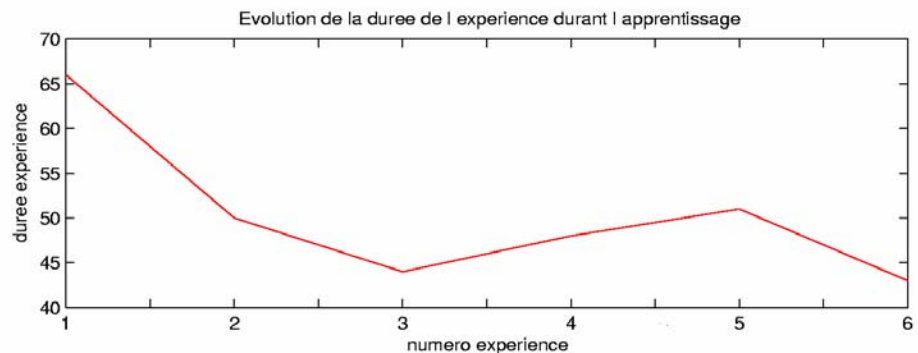
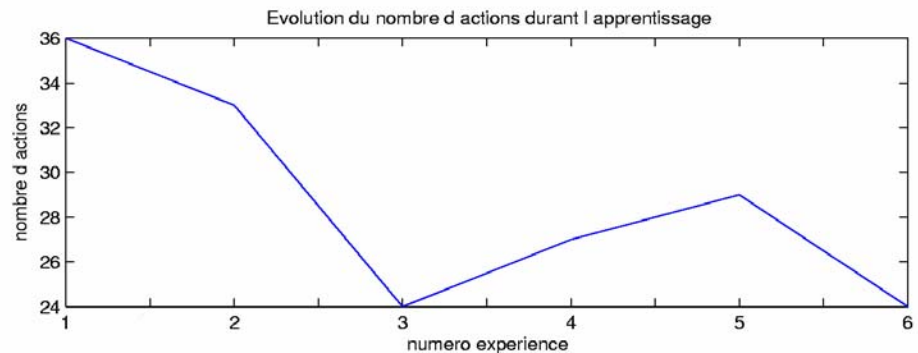
- Supériorité de la PAR

Apprentissage Adaptatif



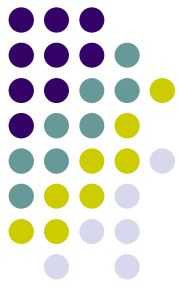
- Politique d'apprentissage adaptatif du contrôle: ajout d'observations en cours de contrôle

- Diminution du nombre d'actions et de la durée de l'expérience au fur et à mesure de l'ajout d'observations

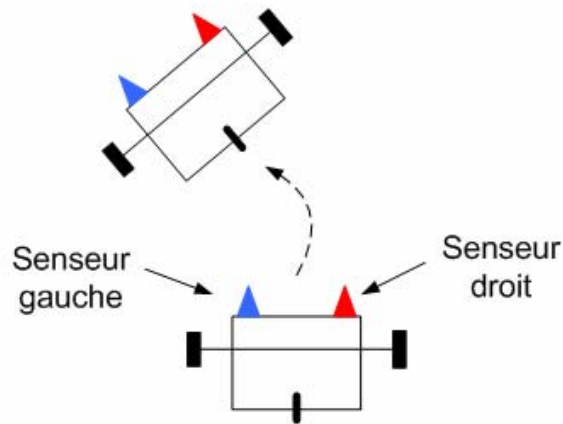


Expériences

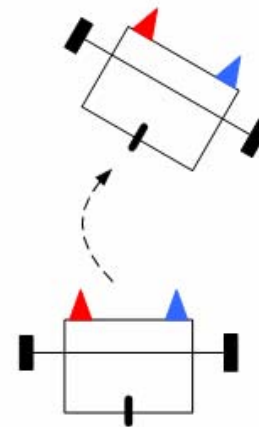
Apprentissage Adaptatif (2)



- Politique d'apprentissage adaptatif du contrôle: changement de position des senseurs de luminosité

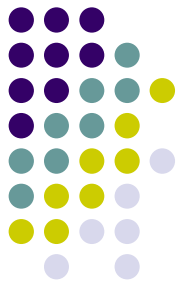


Position standard des senseurs

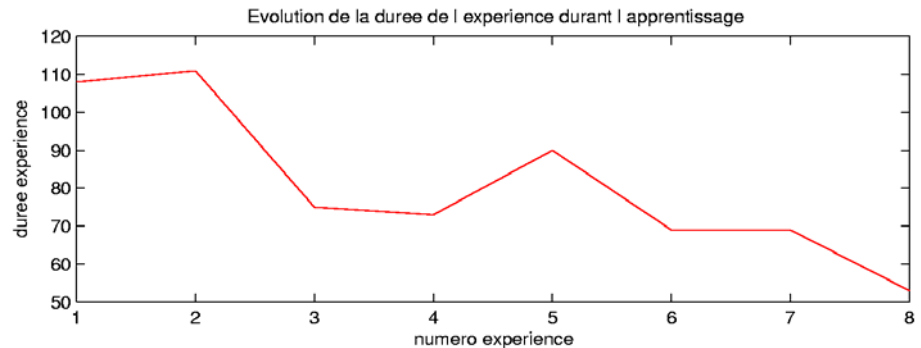
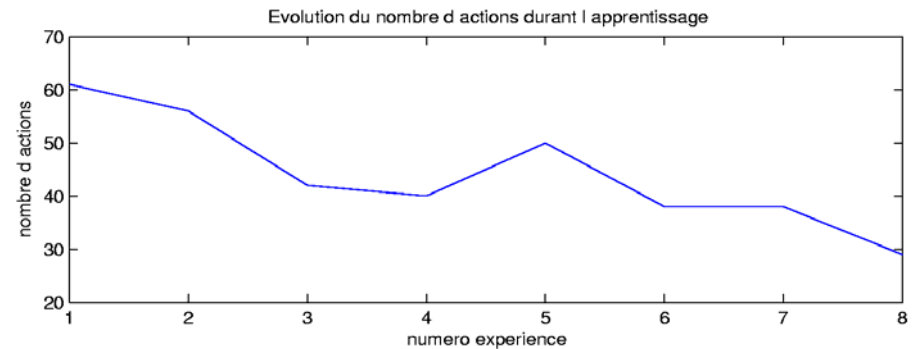


Position inversée des senseurs

Apprentissage Adaptatif (3)

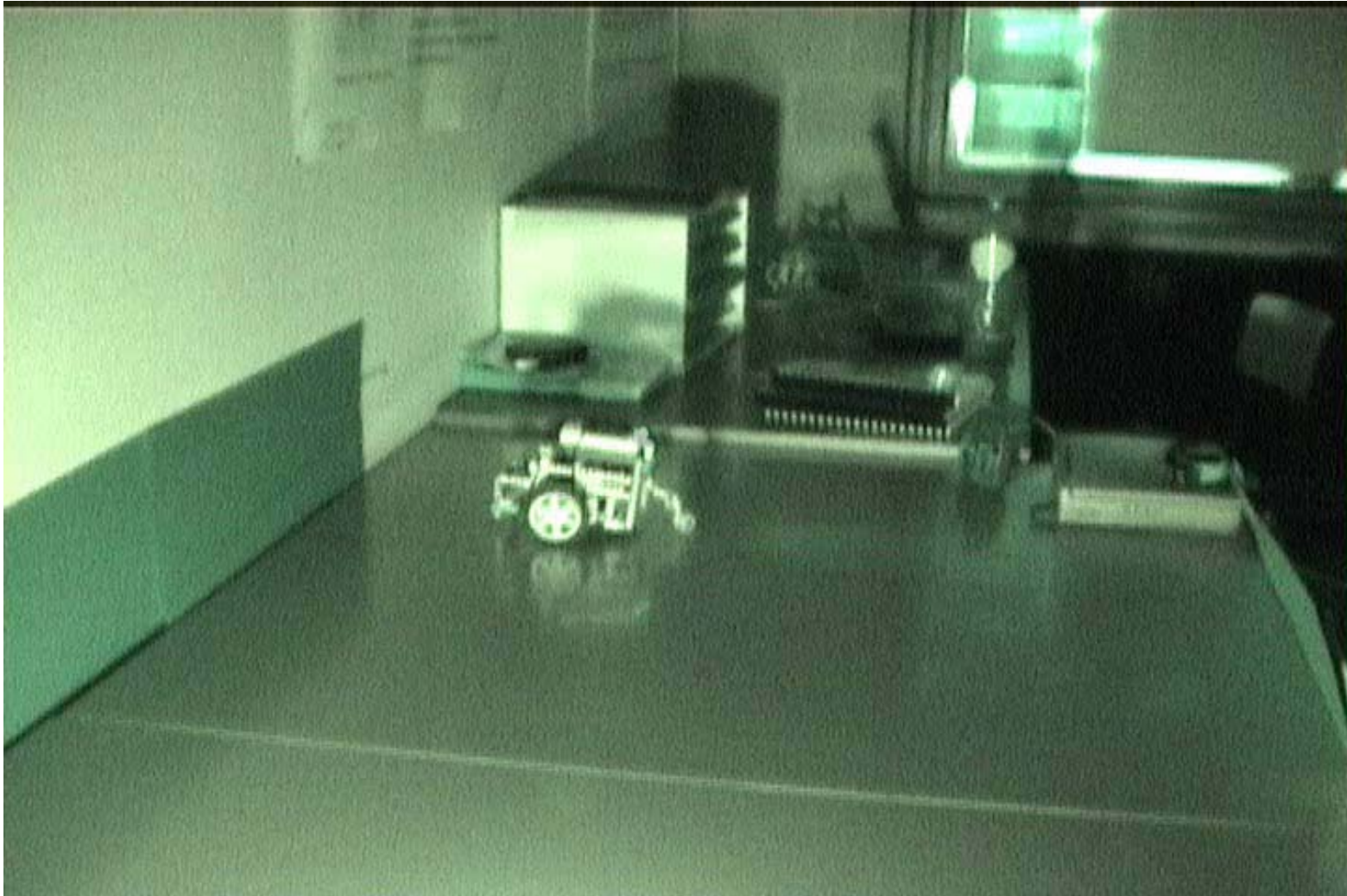
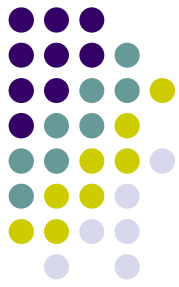


- Diminution du nombre d'actions et de la durée de l'expérience au fur et à mesure de l'ajout d'observations
- A la quatrième expérience, les données d'apprentissage sont oubliées



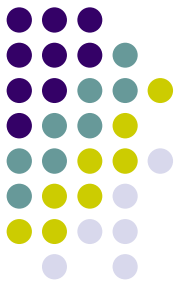
Expériences

Film de la PAR



Mémoire

Plan



- Introduction
- Contributions
- Plateforme Robotique
- Tâche de Contrôle
- Expériences
- **Conclusion**
- Travaux Futurs

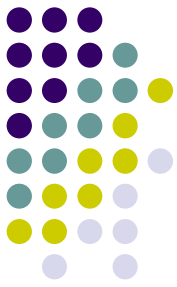


Conclusion

- Développement de la plateforme LEGO Mindstorms permet l'introduction de concepts de base en robotique autonome
- Information sensorielle pauvre et mouvements imprécis
- Mise en œuvre de plusieurs politiques de contrôle met en évidence les performances supérieures de la PAR
- Adaptation du contrôle est une caractéristique importante

Mémoire

Plan



- Introduction
- Contributions
- Plateforme Robotique
- Tâche de Contrôle
- Expériences
- Conclusion
- **Travaux Futurs**



Travaux Futurs

- Travaux futurs variés grâce à une plateforme robotique fonctionnelle:
 - Autres senseurs, autres tâches de contrôle
 - Contrôle de plusieurs robots
 - Autres méthodes d'apprentissage
 - Mise à disposition publique du code source
 - Développement en tant que plateforme éducative

Mémoire



Questions