

IFT 615 – Intelligence artificielle

Robotique

Hugo Larochelle

Département d'informatique

Université de Sherbrooke

<http://www.dmi.usherb.ca/~larocheh/cours/ift615.html>

Sujets couverts

- Survol rapide de la robotique
 - ◆ types de robots
 - ◆ types de problèmes en robotique
- Localisation de robot
- Apprentissage de contrôle de robots

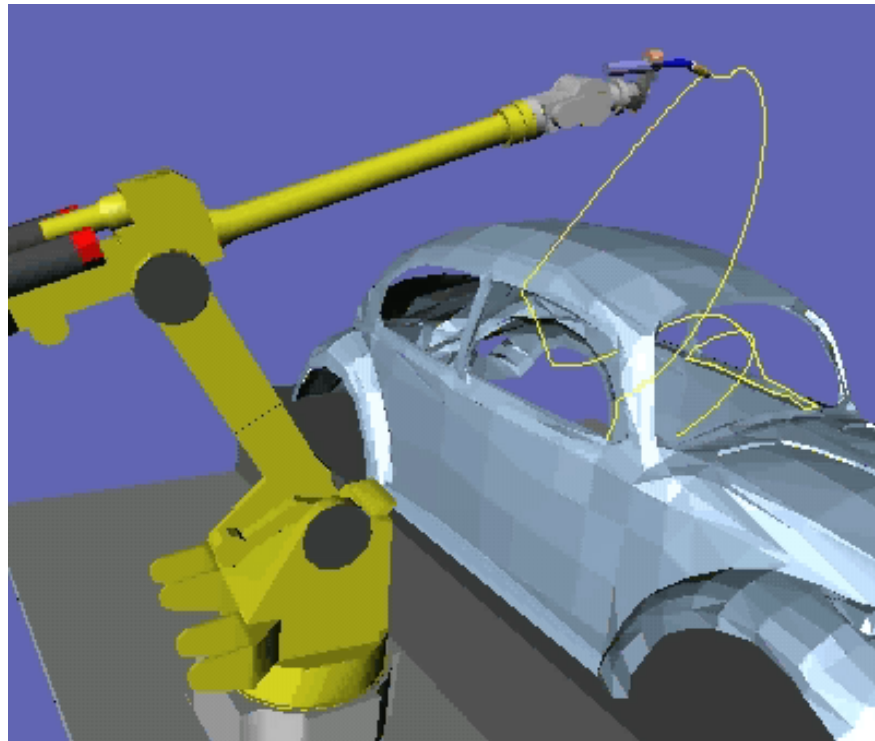
Mise en situation

- La robotique, c'est l'objectif ultime en intelligence artificielle
- Elle fait appel à pratiquement toutes les connaissances vues dans le cours (et bien d'autres!)
- Caractéristiques d'environnement
 - ◆ partiellement observable
 - ◆ stochastique
 - ◆ dynamique
 - ◆ continu
 - ◆ séquentiel (parfois)
 - ◆ multi-agent (parfois)

Mise en situation

- Applications liées à la robotique

Contrôle de bras robotique



Mise en situation

- Applications liées à la robotique

Voiture robotisée



Mise en situation

- Applications liées à la robotique

Robots humanoïdes



<http://www.youtube.com/watch?v=4wMSiKHPKX4&feature=related>
http://www.youtube.com/watch?v=AxD07ZT4s_w

Dans ce cours...

- On va seulement gratter la surface de la robotique
- On va voir différents types de robots
- On va voir une application des réseaux bayésiens dynamique à la robotique
 - ◆ localisation de robot
- On va voir une application de l'apprentissage automatique à la robotique
 - ◆ contrôle d'un agent à l'aide d'apprentissage supervisé

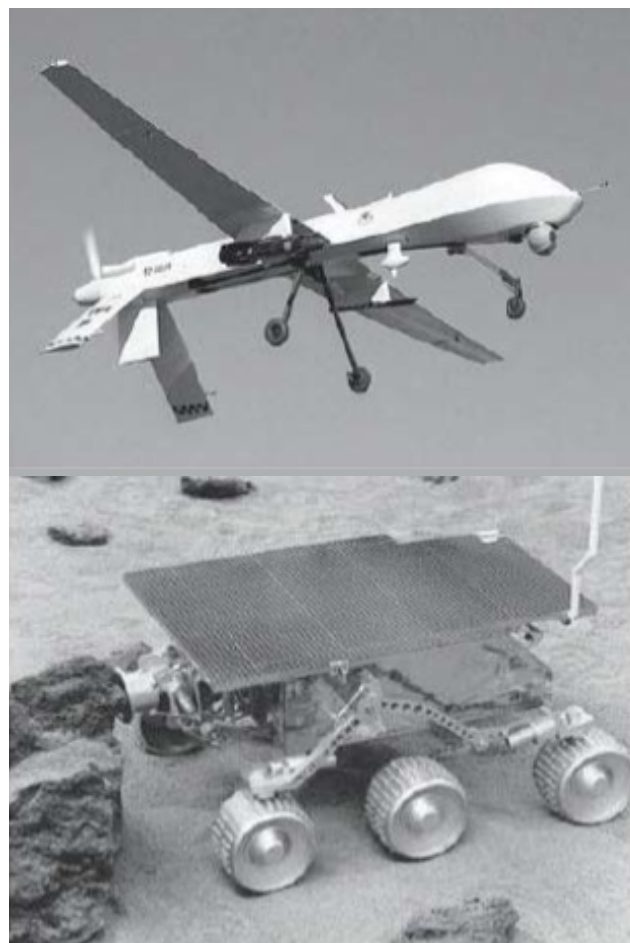
Types de robots

- On distingue **3 types de robots**
- Les robots manipulateurs
 - ◆ peuvent manipuler des objets
 - ◆ très utilisés en contexte manufacturier
 - ◆ plus d'un million installés dans le monde



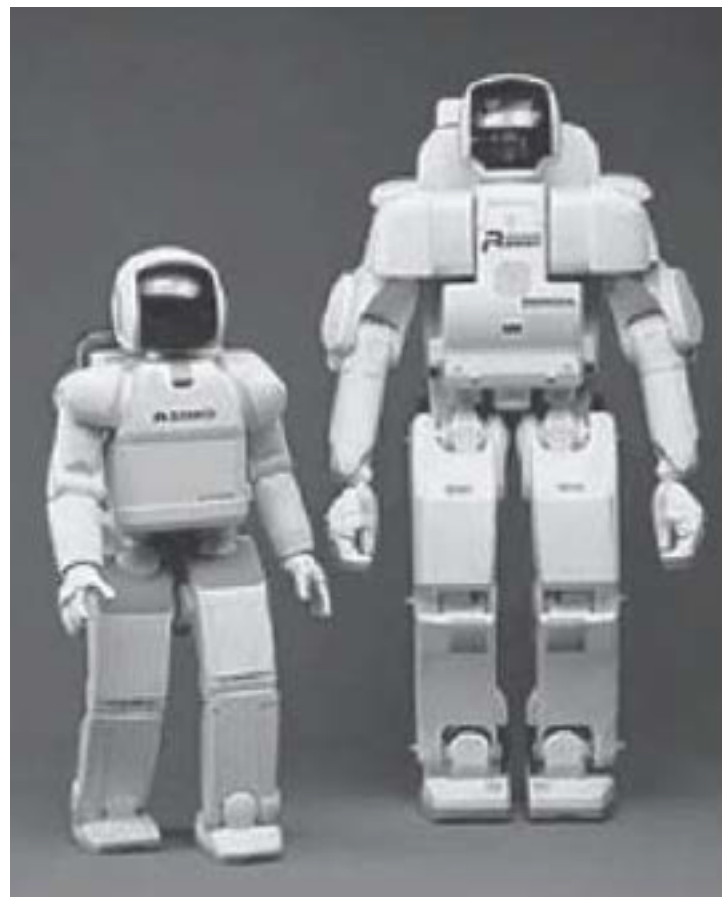
Types de robots

- On distingue **3 types de robots**
- Les robots mobiles
 - ◆ leur fonction première est l'exploration
 - ◆ se déplacent sur roues, pattes, ou autre mécanisme
 - ◆ se déplacent sur terre, dans les airs, dans l'eau, dans l'espace



Types de robots

- On distingue **3 types de robots**
- Les robots hybrides
 - ◆ combine l'exploration et la manipulation
 - ◆ n'inclue pas seulement les robots humanoïdes
- On inclue également dans la robotique
 - ◆ prothèses artificielles
 - ◆ environnement intelligents
 - ◆ systèmes multicorps



Environnement robotique

- Caractéristiques d'environnement
 - ◆ partiellement observable
 - ◆ stochastique
 - ◆ dynamique
 - ◆ continu
 - ◆ séquentiel (parfois)
 - ◆ multi-agent (parfois)
- Un algorithme doit être assez efficace pour rouler en temps réel
- Un algorithme d'apprentissage doit s'améliorer assez rapidement
 - ◆ un environnement réel ne va pas plus vite qu'en "temps réel »
 - ◆ un environnement simulé peut fournir des millions d'essais en quelques heures (c'est souvent l'approche suivie en pratique)

Environnement robotique

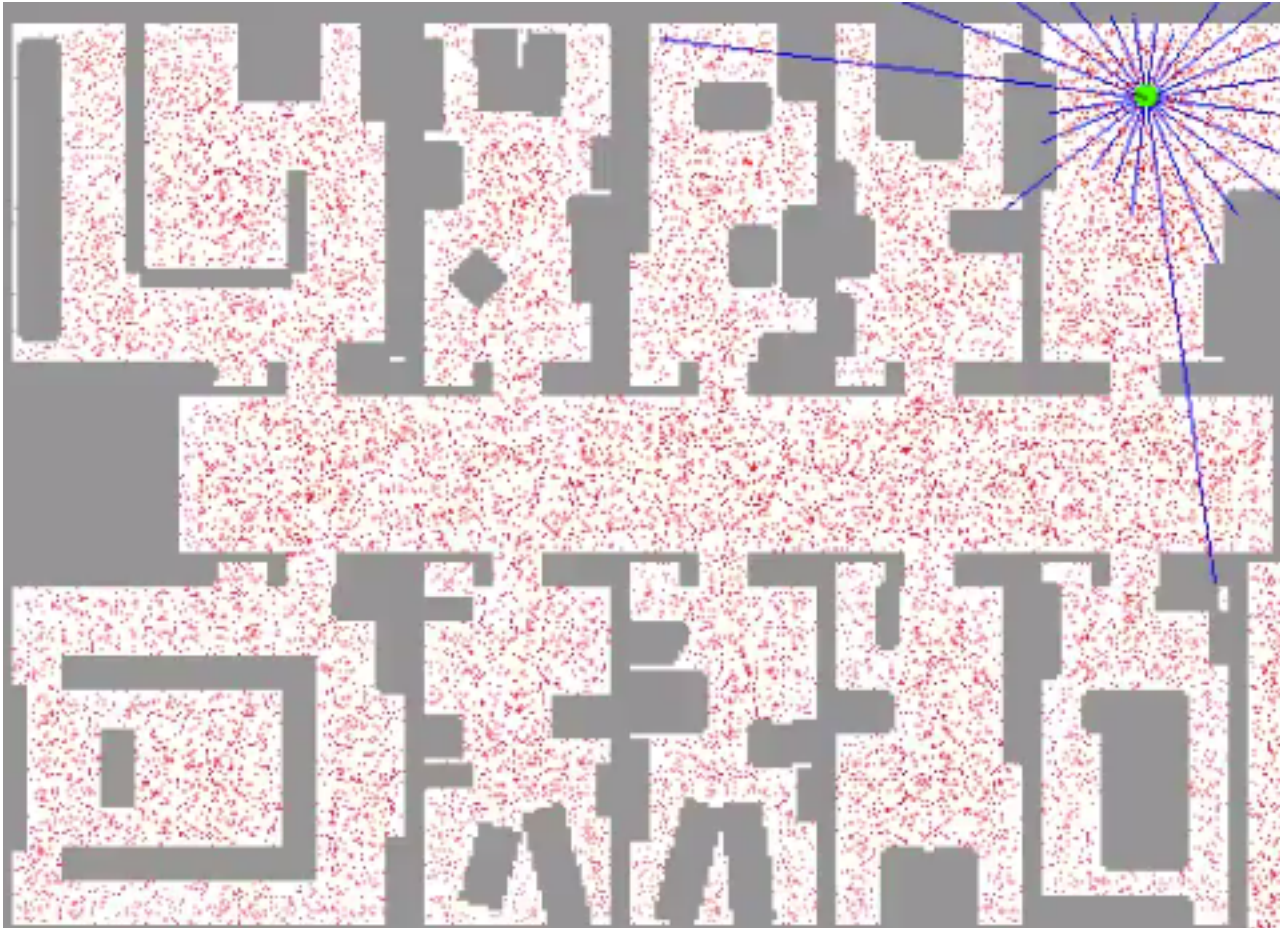
- Un algorithme doit être efficace et fonctionner en temps réel (ou proche)
- Un algorithme d'apprentissage dans un robot doit s'améliorer rapidement
 - ◆ un environnement réel ne va pas plus vite qu'en "temps réel »
- En pratique, l'apprentissage se fait souvent hors-ligne (*offline*)
 - ◆ un simulateur peut fournir des millions d'essais en quelques heures
 - ◆ aucun risque de briser/détruire le robot
- Un système robotisé concret va normalement posséder une connaissance préalable:
 - ◆ du robot
 - ◆ de son environnement physique
 - ◆ des tâches à effectuer

Localisation de robot

- Un exemple d'application d'un réseau bayésien dynamique à la robotique
- **Problème à résoudre:** étant donné des informations de senseurs, déterminer la position du robot
- Types de senseurs (capteurs)
 - ◆ senseurs passifs: caméra vidéo, microphone, etc.
 - ◆ senseurs actifs: sonar, laser, etc.
- On suppose que le robot connaît
 - ◆ la carte de l'environnement dans lequel il se trouve
 - ◆ la vitesse à laquelle il se déplace
- On ne va pas faire de supposition sur la politique/plan suivi

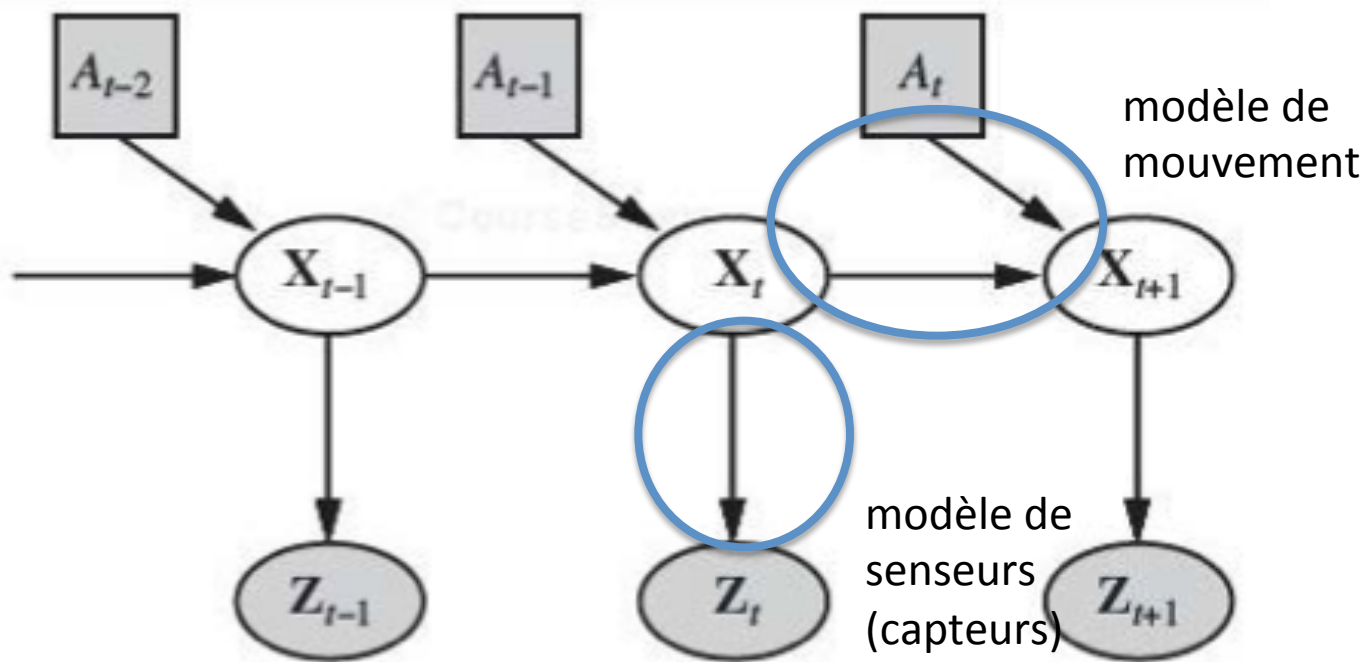
Localisation de robot

- Simulation: <http://www.youtube.com/watch?v=nWvLX6xmoAw>



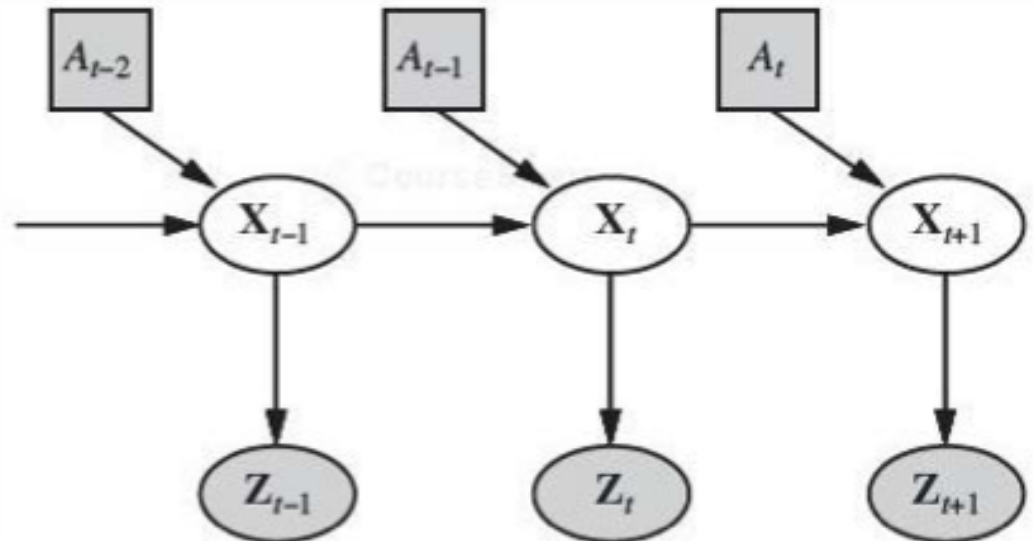
Localisation de robot

- On utilise un réseau bayésien dynamique avec
 - ◆ des variables cachées X_t et observées Z_t continues
 - ◆ des actions A_t qui déterminent la distribution de transition (mouvement)



Localisation de robot

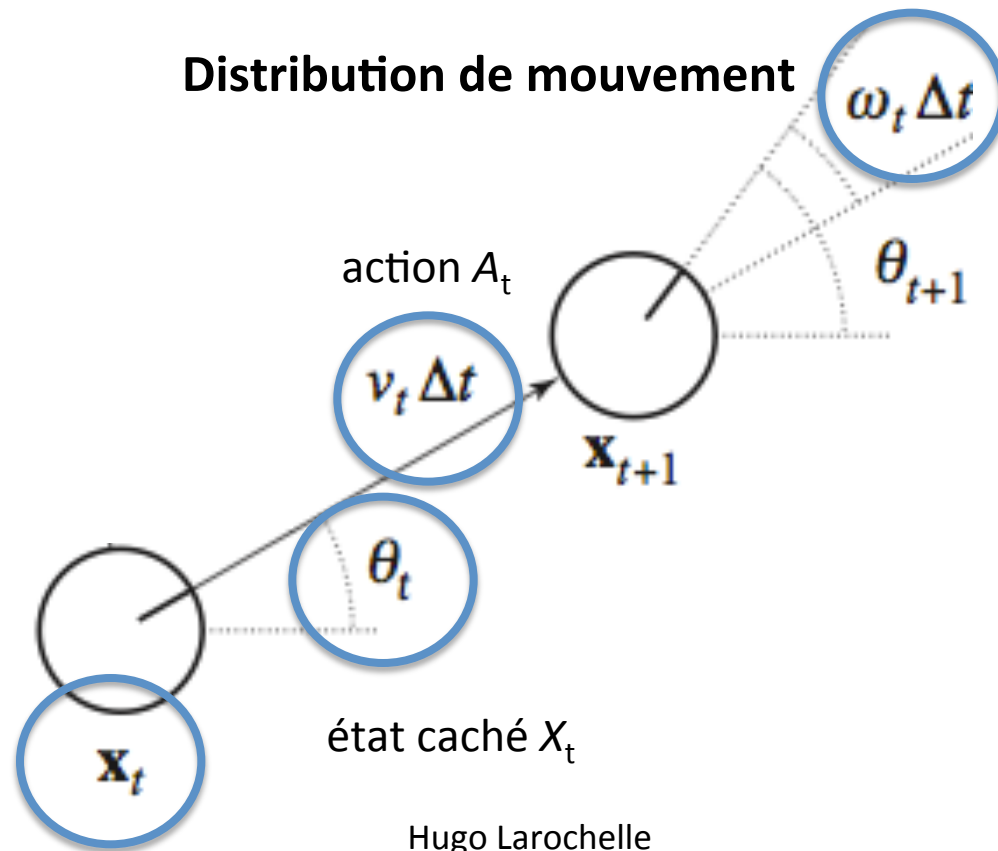
- On utilise un réseau bayésien dynamique avec
 - ◆ des variables cachées X_t et observées Z_t continues
 - ◆ des actions A_t qui déterminent la distribution de transition



$$\begin{aligned} & \mathbf{P}(\mathbf{X}_{t+1} \mid \mathbf{z}_{1:t+1}, \mathbf{a}_{1:t}) \\ &= \alpha \mathbf{P}(\mathbf{z}_{t+1} \mid \mathbf{X}_{t+1}) \int \mathbf{P}(\mathbf{X}_{t+1} \mid \mathbf{x}_t, \mathbf{a}_t) P(\mathbf{x}_t \mid \mathbf{z}_{1:t}, \mathbf{a}_{1:t-1}) d\mathbf{x}_t \end{aligned}$$

Localisation de robot

- On utilise un réseau bayésien dynamique avec
 - ◆ des variables cachées X_t et observées Z_t continues
 - ◆ des actions A_t qui déterminent la distribution de transition

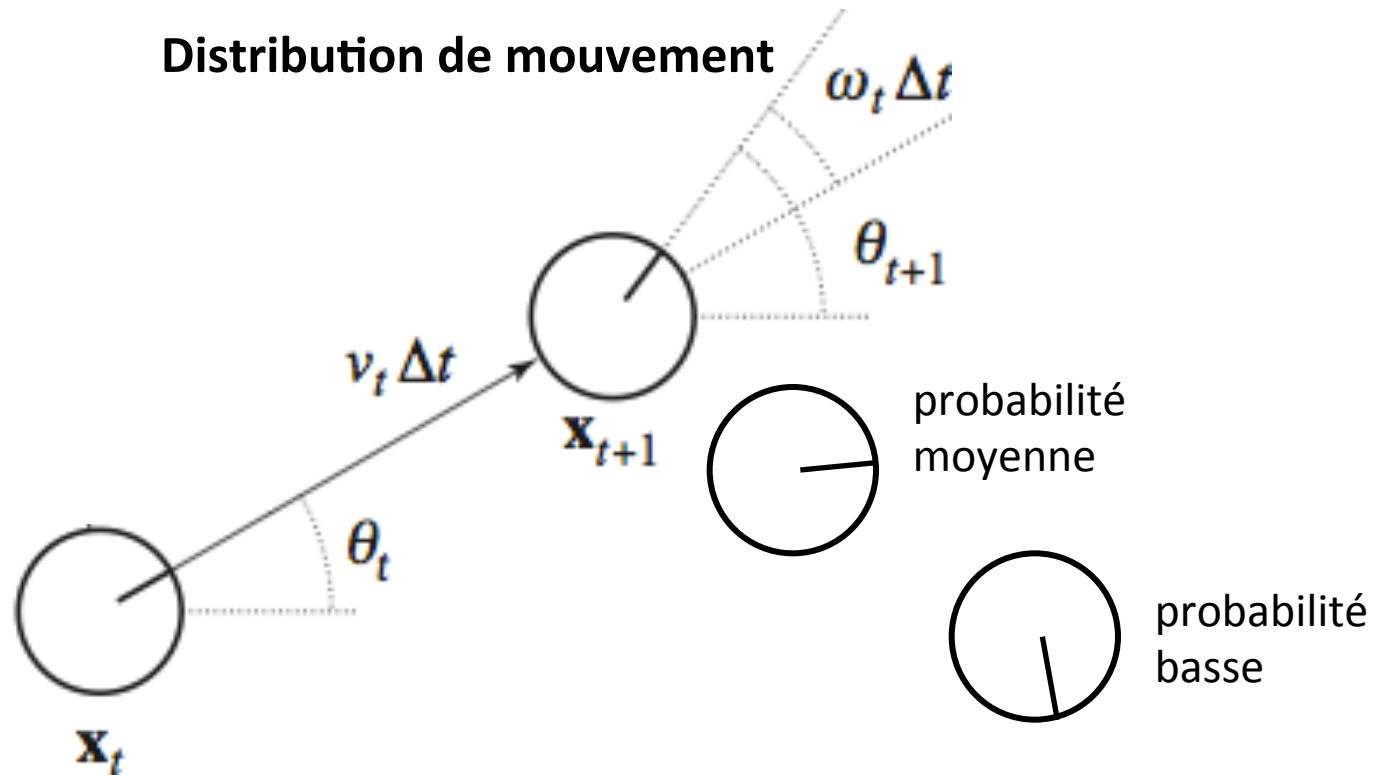


Localisation de robot

- On utilise un réseau bayésien dynamique avec
 - ◆ des variables cachées X_t et observées Z_t continues
 - ◆ des actions A_t qui déterminent la distribution de transition

Distribution de mouvement

Plus on s'éloigne
de la prédiction
attendue,
plus la probabilité
du mouvement
est basse

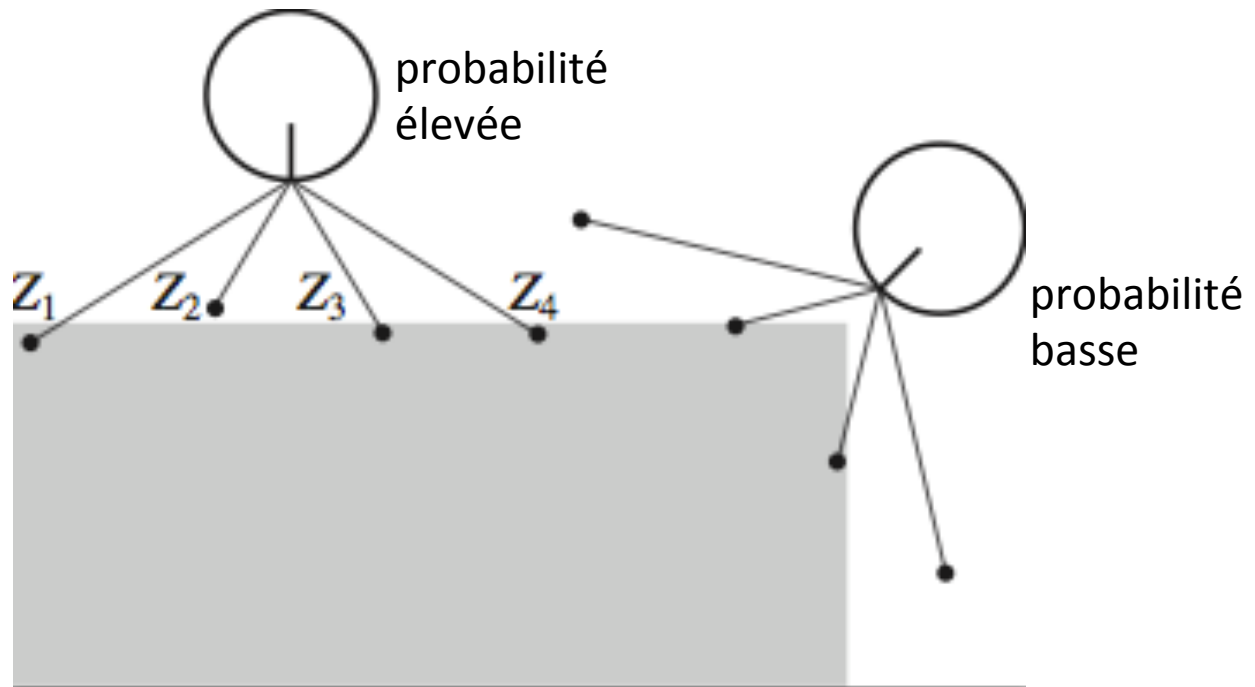


Localisation de robot

- On utilise un réseau bayésien dynamique avec
 - ◆ des variables cachées X_t et observées Z_t continues
 - ◆ des actions A_t qui déterminent la distribution de transition

Distribution de senseurs

Moins l'observation est cohérente avec la variable d'état cachée, plus la probabilité est basse



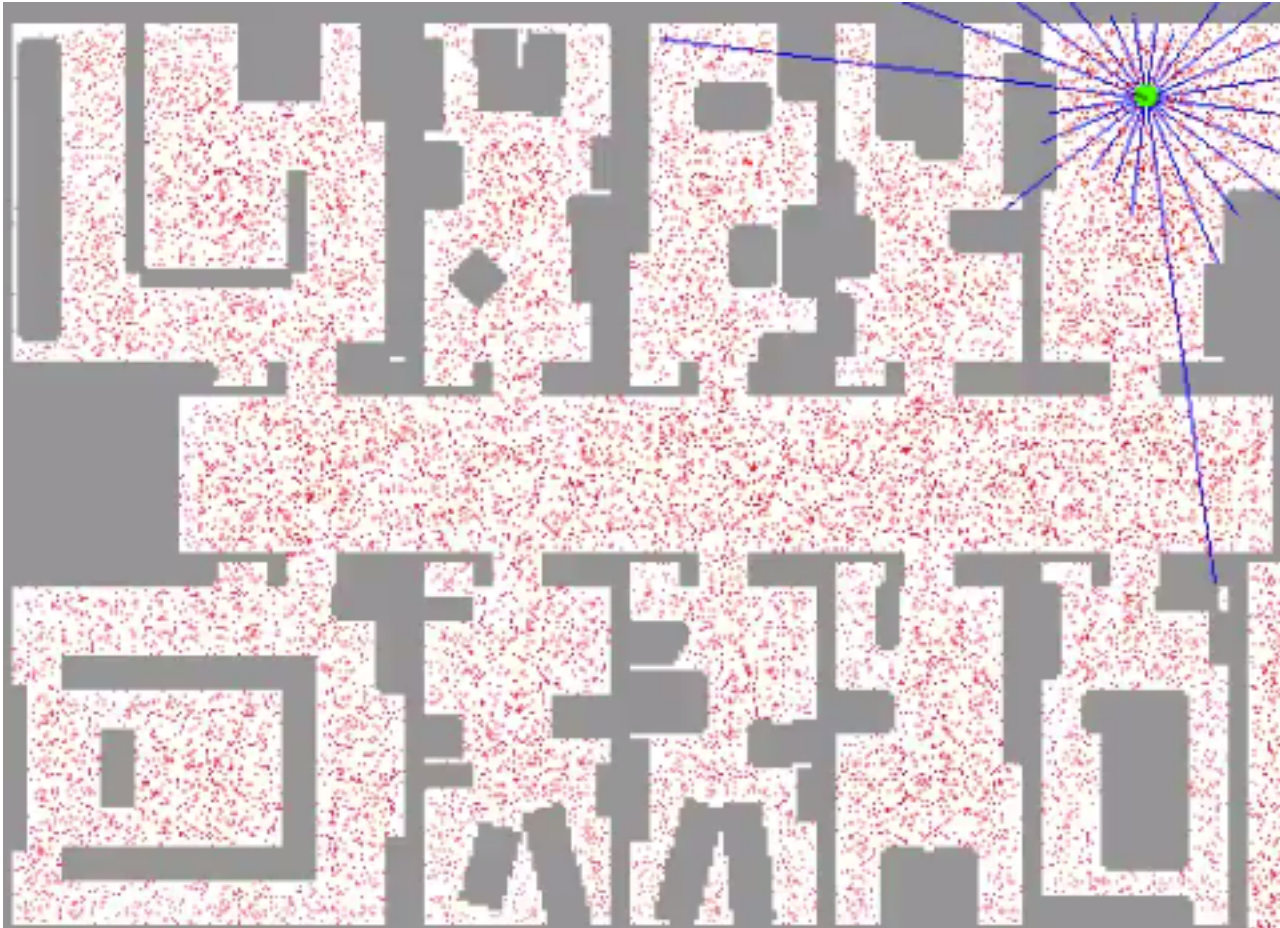
Localisation de robot

- On utilise un réseau bayésien dynamique avec
 - ◆ des variables cachées X_t et observées Z_t continues
 - ◆ des actions A_t qui déterminent la distribution de transition
- Une valeur de X_{t+1} de l'état caché au temps $t+1$ aura une probabilité élevée si:
 1. elle est **explique bien les observations des senseurs** et
 2. elle est une **conséquence probable de l'action A_t** appliquée au temps t , sur les **valeurs probables de X_t** au temps t

$$P(\mathbf{X}_{t+1} \mid \mathbf{z}_{1:t+1}, a_{1:t}) \\ = \underbrace{\alpha P(\mathbf{z}_{t+1} \mid \mathbf{X}_{t+1})}_{\text{explique bien les observations des senseurs}} \int \underbrace{P(\mathbf{X}_{t+1} \mid \mathbf{x}_t, a_t) P(\mathbf{x}_t \mid \mathbf{z}_{1:t}, a_{1:t-1})}_{\text{conséquence probable de l'action } A_t \text{ sur les valeurs probables de } X_t} d\mathbf{x}_t$$

Localisation de robot

- Simulation: <http://www.youtube.com/watch?v=nWvLX6xmoAw>



Apprentissage de contrôle d'un robot

- On a vu une approche par apprentissage par renforcement
 - ◆ on apprend un modèle de l'environnement
 - ◆ on fait des simulations hors-ligne, pour optimiser la politique

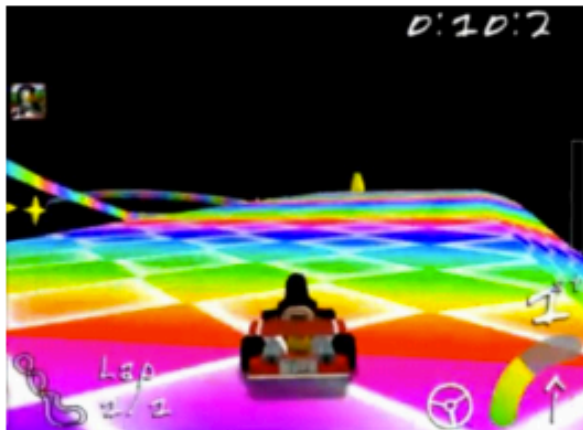


<http://heli.stanford.edu/>

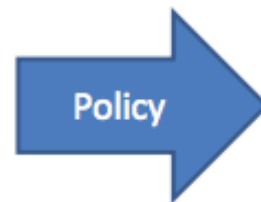
Apprentissage de contrôle d'un robot

- On a vu une approche par apprentissage supervisé
 - ◆ on construit un ensemble d'entraînement où \mathbf{x}_t est l'information des senseurs, et y_t est la décision à prendre
 - ◆ cet ensemble est construit en demandant à un humain de contrôler le robot

Input:



Camera Image



Output:



Ross,
Gordon et
Bagnell
(2011)

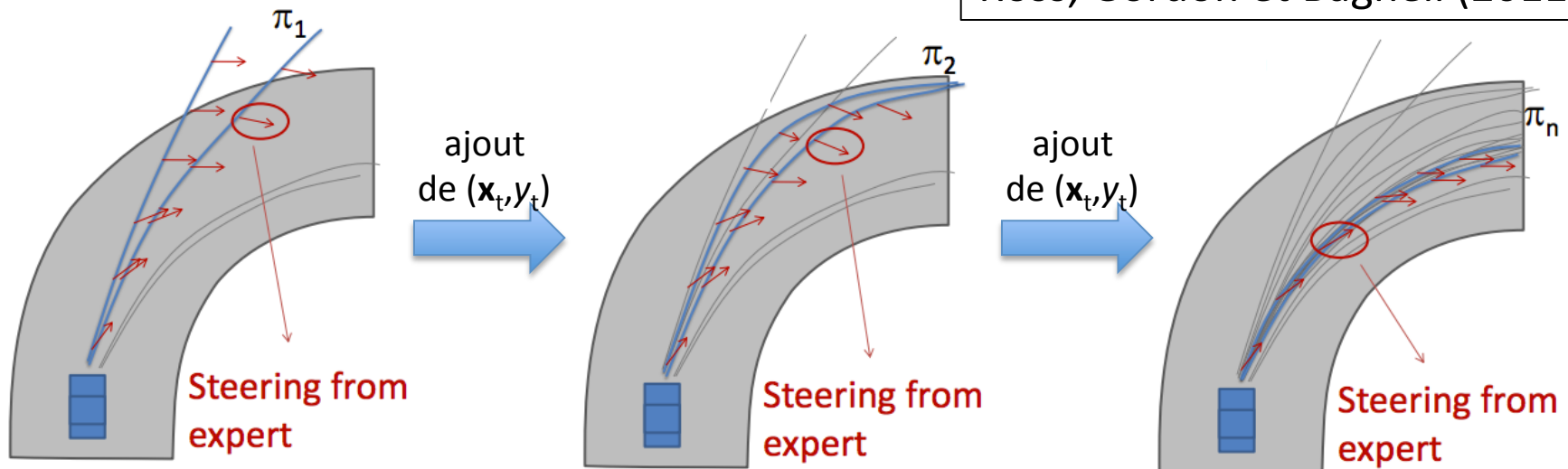
Steering in $[-1,1]$

Hard left turn

Hard right turn

Apprentissage de contrôle d'un robot

- Cette dernière approche ne fonctionne pas toujours très bien
http://videolectures.net/aistats2011_ross_reduction/
- Solution: « accompagner » le robot
 - ◆ on observe les erreurs faites par le robot
 - ◆ on lui donne de nouveaux exemples d'apprentissage, afin de corriger ces erreurs



Conclusion

- La robotique est un autre exemple de domaine où l'apprentissage automatique joue un rôle de plus en plus important
- Nous sommes encore très loin du robot qui apprend seul, par lui-même, dans un vrai environnement
- Pas de cours de robotique au département d'informatique
 - ◆ par contre, le département de génie électrique et informatique offre des cours...
 - ◆ le livre de référence est contient plusieurs autres exemples et références

Vous devriez être capable de...

- Avoir une meilleure idée de ce qu'il vous reste à apprendre pour faire de la robotique...