

Architecture pour la prise de décision pour robots mobiles et agents situés

UE méthodes et outils pour l'IA et la RO

L3 informatique

Nicolas Bredeche

Université Pierre et Marie Curie

ISIR, UMR 7222

Paris, France

nicolas.bredeche@upmc.fr

...

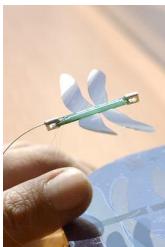


Metropolis Fritz Lang (1926)



rev. 2017-03-15

2



(DGA/COM)



Atlas (Boston Dynamics / Google)



Spirit et Sojourner (NASA)



Stanley (Stanford) — Grand challenge DARPA 2005



Robot Da Vinci



Schaft (KAIST / Google)



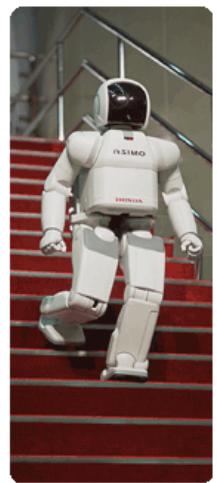
Aibo ERS7 (Sony)



S-bots(Swarmbots EU)



Roomba (i-Robot)



Asimo (Honda)



- Communication

- Réseau sans fil (WIFI)
- Microphone
- Haut-parleurs

- Vision

- Caméra couleur/n&b/linéaire/stéréo
- Fonction Zoom
- Boîtier de commande Pan-Tilt

- Capteurs de proximité

- Ceinture de sonars ou IR
- Bumpers (de contact)
- Moteur (servo-moteurs, muscles artificiels, ...)
- Bras manipulateur
- Moteur (avec odomètre)

- Autres

- PC embarqué (Linux) au format PC104+
- Autonomie énergétique (Batterie rechargeable)
- Compas
- Gyroscope
- Accéléromètre

- etc.

nicolas.bredeche@upmc.fr

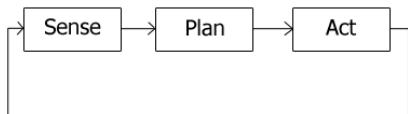
Peoplebot 2 (Adept Mobilerobots)

perceptions

actions



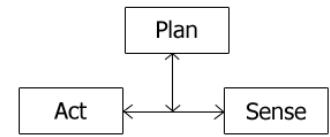
nicolas.bredeche@upmc.fr



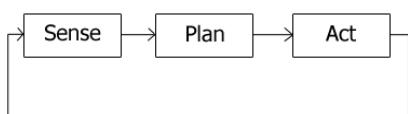
Deliberative



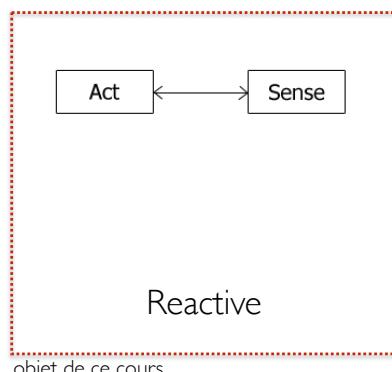
Reactive



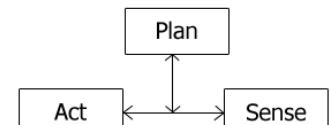
Hybrid



Deliberative



Reactive



Hybrid

- Robotique et agent(s) autonome(s)

- Un **robot** peut être vu comme un **agent**
 - problèmes propres à la robotique: *contrôle optimal, cartographie, traitement de données en situation réelle, problème de sécurité, etc.*
 - problème plus généraux liés à la notion d'agent: *conception de comportements individuels, de comportements collectifs, apprentissage et optimisation*
 - Autres exemples d'agents: *simulation d'individus, personnages de jeux vidéos, etc.*

- Objectif de cette partie du cours:

- Donner les outils pour la conception (manuelle et automatique) de comportement d'agent autonome
- Au delà du contenu robotique: les agents autonomes, seuls ou en groupe

nicolas.bredeche@upmc.fr

Plan des trois prochaines séances

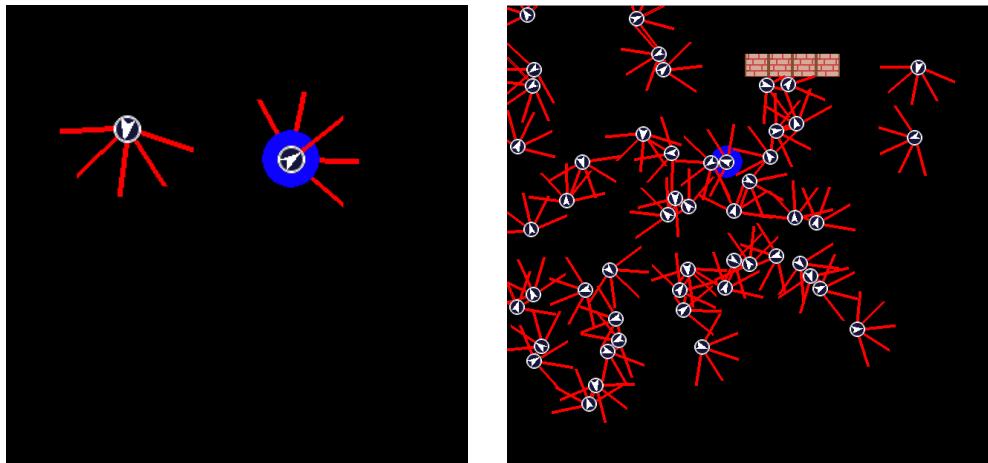
- Cours

- Cours “Comportement et agents”
- Cours “Optimisation et algorithme évolutionniste”
- Cours “Apprentissage supervisé ou non, par renforcement”

- TME

- Structure: 1h45 de TD sur machine, 1h45 projet
- TME 1: comportement — comportements individuels ou collectifs
- TME 2: évolution artificielle — optimisation, robotique
- 3ème séance: soutenance

nicolas.bredeche@upmc.fr



- TME
 - Simulateur robotique (Python)
- Projet
 - Sujet: une équipe de robots devant couvrir l'environnement
 - A réaliser en binôme, soutenance: 15 min.
 - Mettre en oeuvre les éléments vus en cours et TD (aspects théoriques)
 - Produire une solution “efficace” (aspects pratiques)

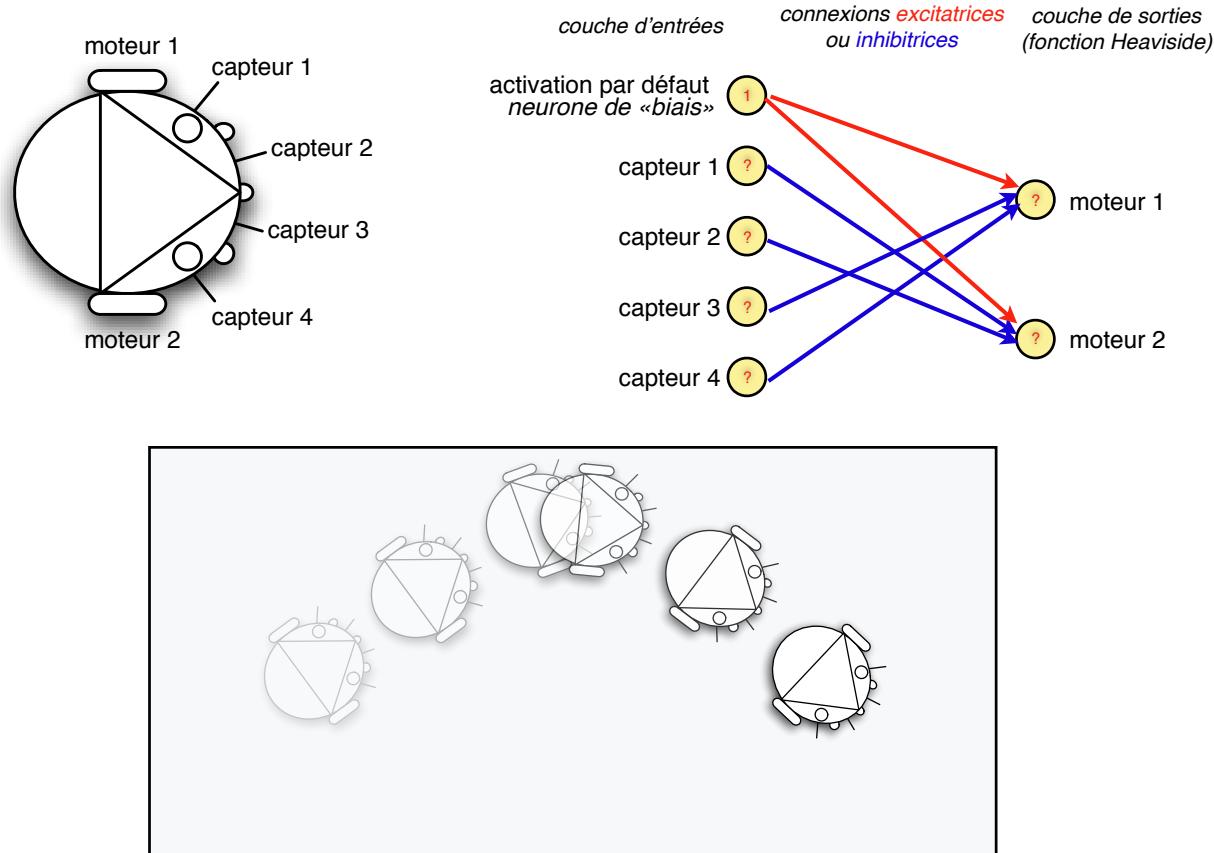
nicolas.bredeche@upmc.fr

Comportements réactifs

comportements simples, dynamiques complexes

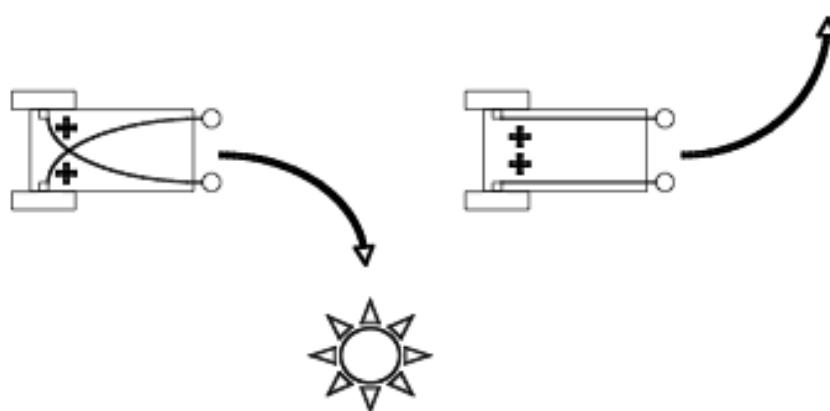
Exemple: robot-éviteur

11



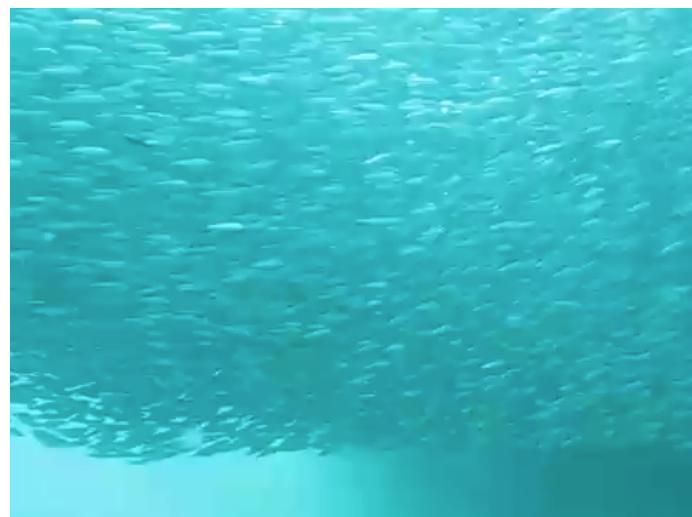
nicolas.bredeche@upmc.fr

12



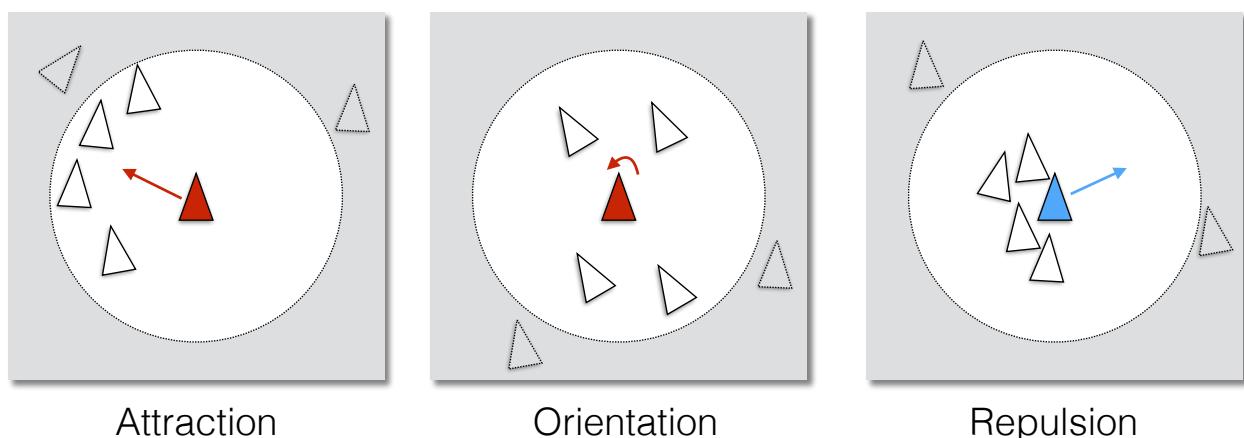
nicolas.bredeche@upmc.fr

Braitenberg (1984) Vehicles



nicolas.bredeche@upmc.fr

Boids



Positive and **negative** feedbacks

positive feedback: *attraction and orientation rules*

negative feedback: *repulsion rule*



nicolas.bredeche@upmc.fr

Généré avec roborobo3 (<https://github.com/nekonaute/roborobo3>)

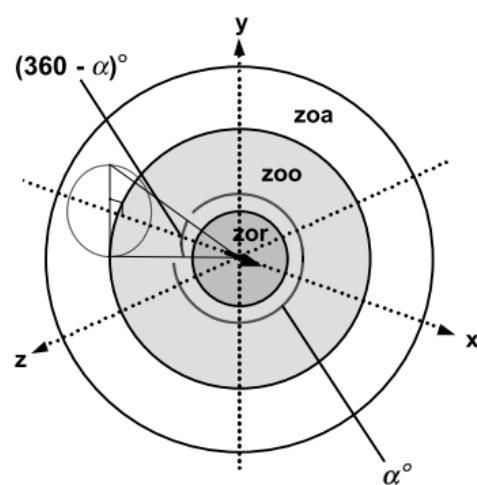
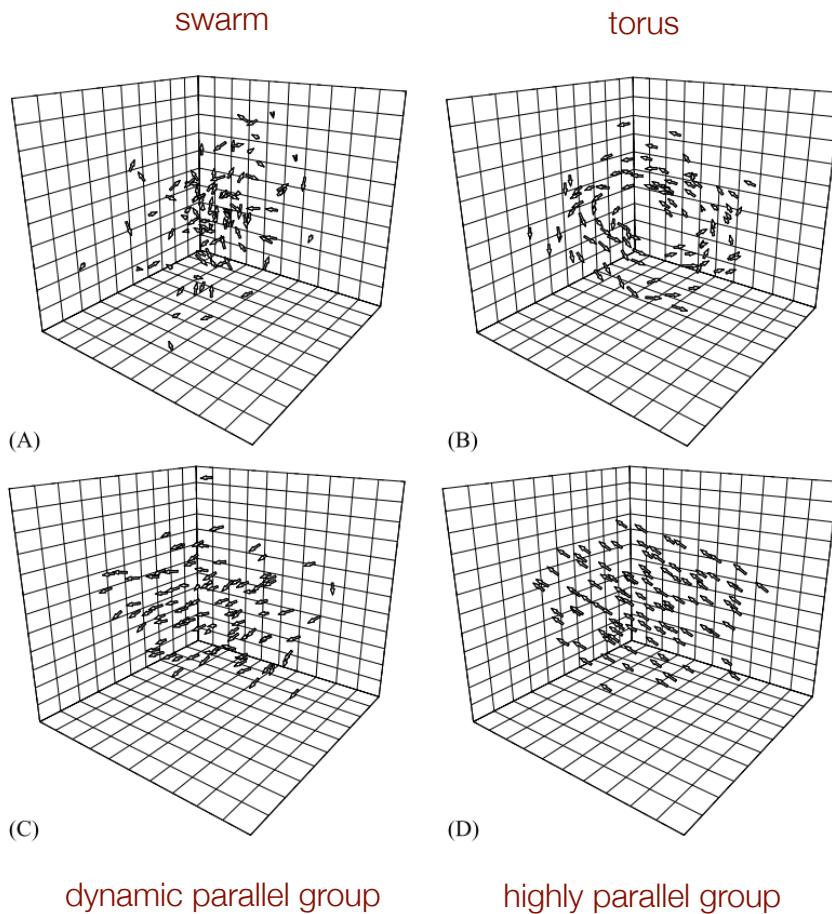
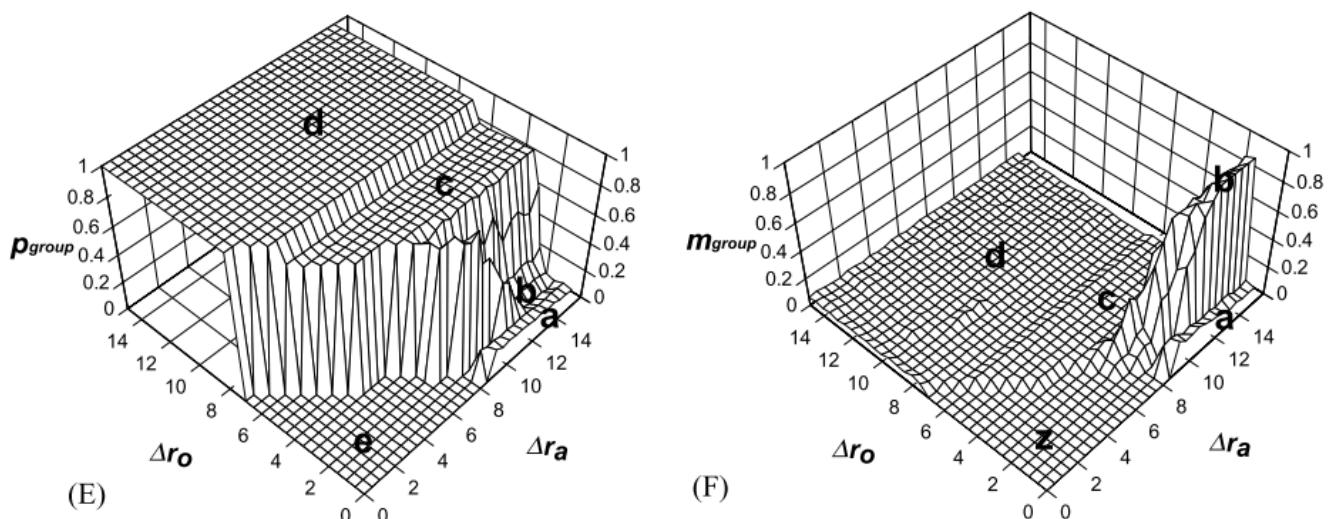


FIG. 1. Representation of an individual in the model centred at the origin: zor = zone of repulsion, zoo = zone of orientation, zoa = zone of attraction. The possible “blind volume” behind an individual is also shown. α = field of perception.



nicolas.bredeche@upmc.fr

Couzin et al. (2002) Collective memory and spatial sorting in animal groups

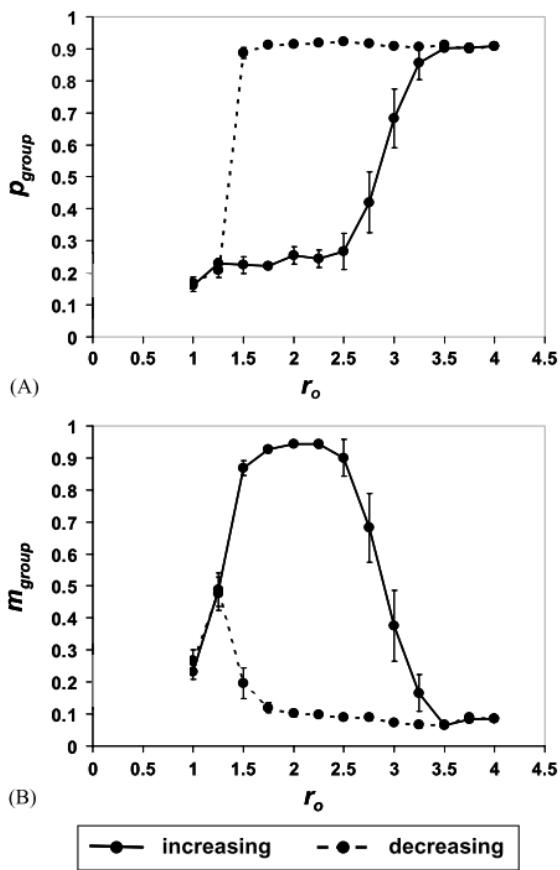


a: swarm
b: torus
c: dynamic parallel
d: highly parallel

p_{group} : group polarization
 m_{group} : angular momentum
 δr_o : zone of orientation
 δr_a : zone of attraction

nicolas.bredeche@upmc.fr

Couzin et al. (2002) Collective memory and spatial sorting in animal groups



Hysteresis

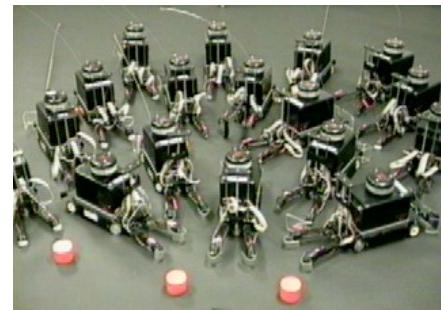
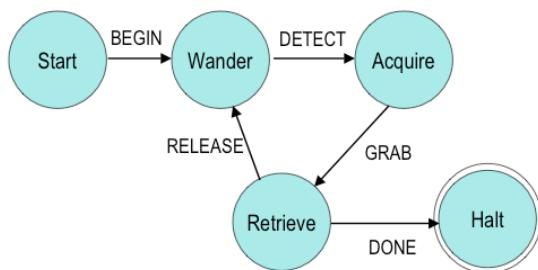
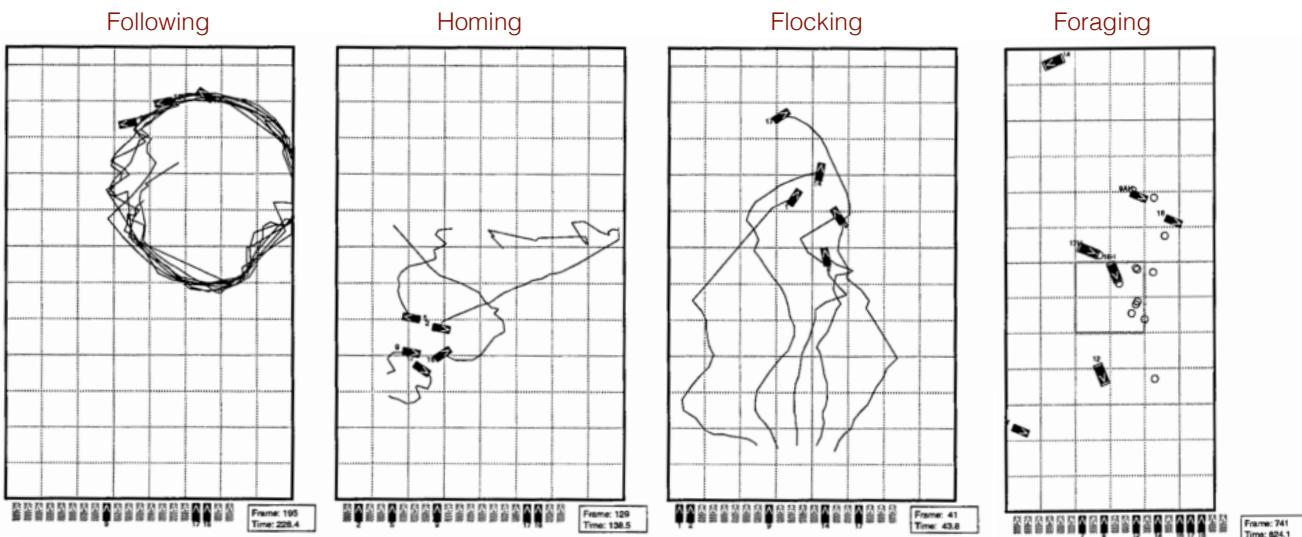
The group patterns that form depend on the previous history of the group.

| | |
|----------------|---------------------|
| p_{group} : | group polarization |
| m_{group} : | angular momentum |
| δr_o : | zone of orientation |
| δr_a : | zone of attraction |

nicolas.bredeche@upmc.fr

Couzin et al. (2002) Collective memory and spatial sorting in animal groups

Machine à états finis



Example: control architecture for the foraging task

nicolas.bredeche@upmc.fr

Mataric (1994) Ph.D. Thesis

Détails des comportements (1/2)

22

Aggregate:

- Whenever nearest agent is outside `d_aggregate`
 - Turn toward the local `centroid_aggregate`, go.
- Otherwise, stop.

Dispersion:

- Whenever one or more agents are within `d_disperse`
 - Move away from `Centroid_disperse`

Follow:

- Whenever an agent is within `d_follow`
 - If an agent is on the right only, turn right
 - If an agent is on the left only, turn left

Home:

- Whenever at home
 - Stop
- Otherwise, turn toward home, go.

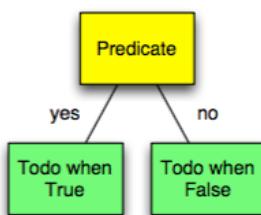
nicolas.bredeche@upmc.fr

Mataric (1994) Ph.D. Thesis

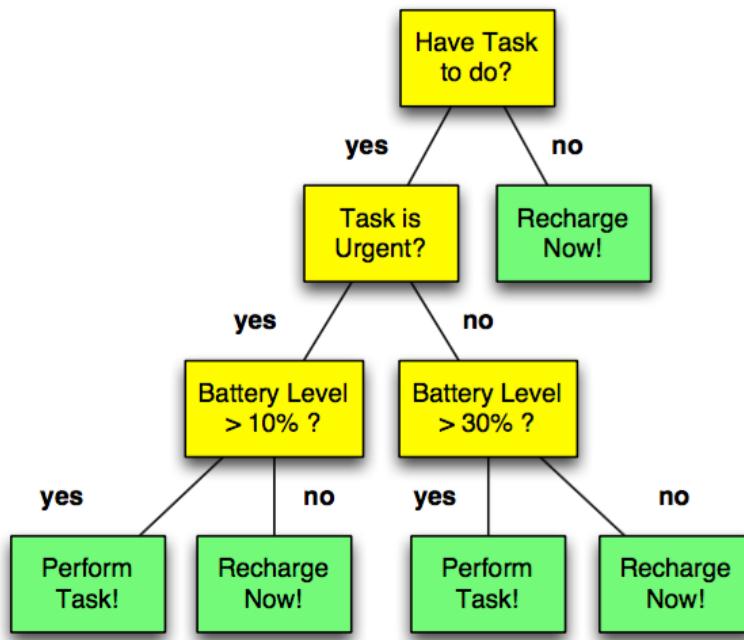
Arbre de décision

Arbre de décision

24

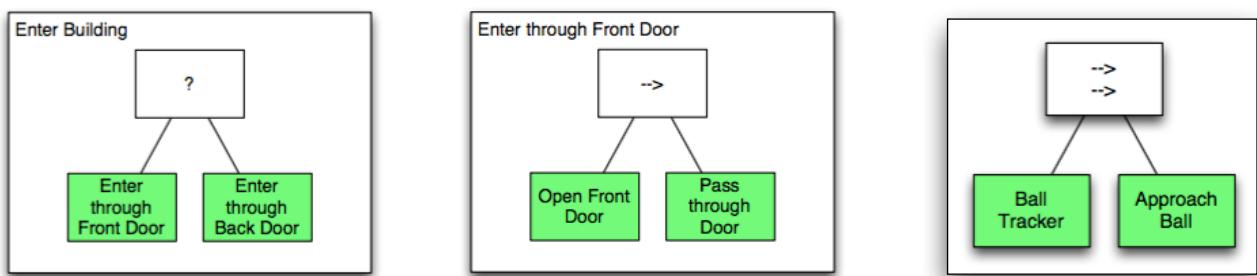


A chaque pas de temps, l'arbre est parcouru



Arbre de comportements

- Graphe orienté acyclique (arbre avec une racine et des arcs orientés)
 - Noeuds interne: fallbacks, sequences, parallels
 - Feuilles: actions, conditions
 - retours possibles: “running”, “success”, “failure”
- Processus
 - A chaque pas de temps
 - soit (au moins) une feuille est exécutée
 - soit l'intégralité de l'arbre a été parcouru (donc: la racine retourne “failure”)
 - Au début d'un pas de temps
 - on (re-)commence à la racine de l'arbre

**Fallback**

Fonctionnement:
exécute A
si échec, exécute B

Condition d'échec:
si toutes les actions sont en échec

Sequence

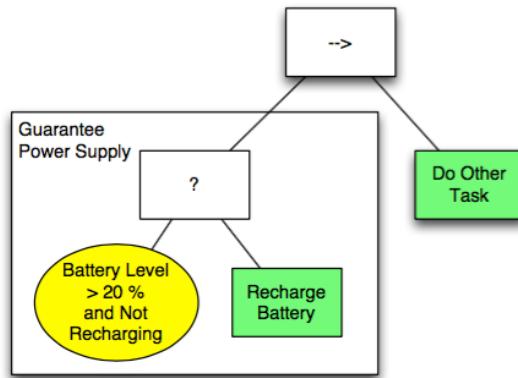
Fonctionnement:
A puis B

Condition d'échec:
dès qu'une action est en échec

Parallel

Fonctionnement:
A et B en même temps

Condition d'échec:
si L actions (parmi N) sont en échec
(L à définir)

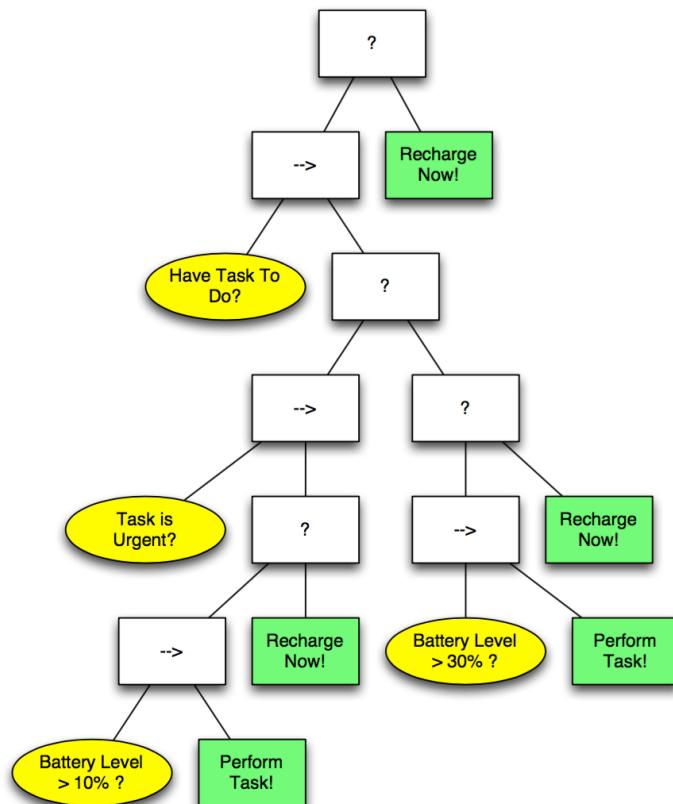


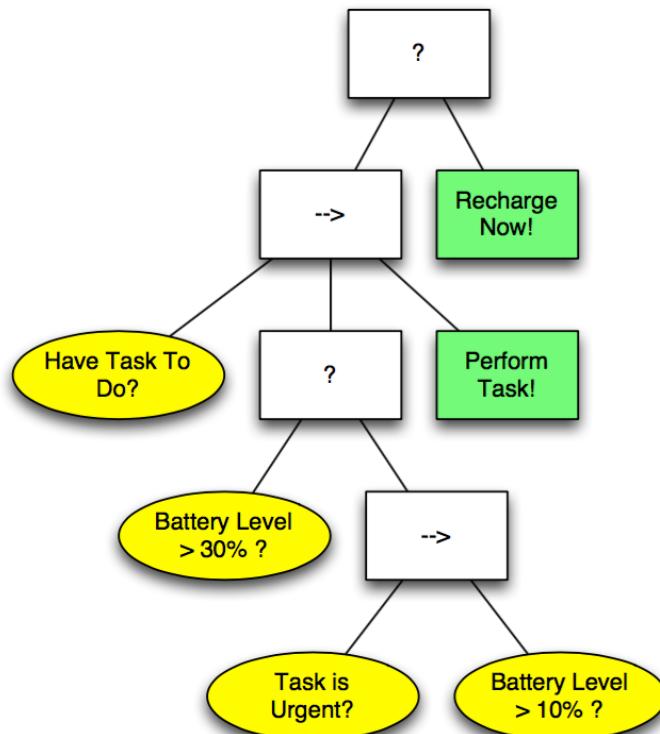
Condition

à chaque pas de temps:
 si A est vrai, n'exécute pas B
 puis: exécute C

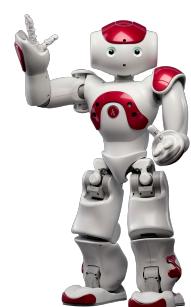
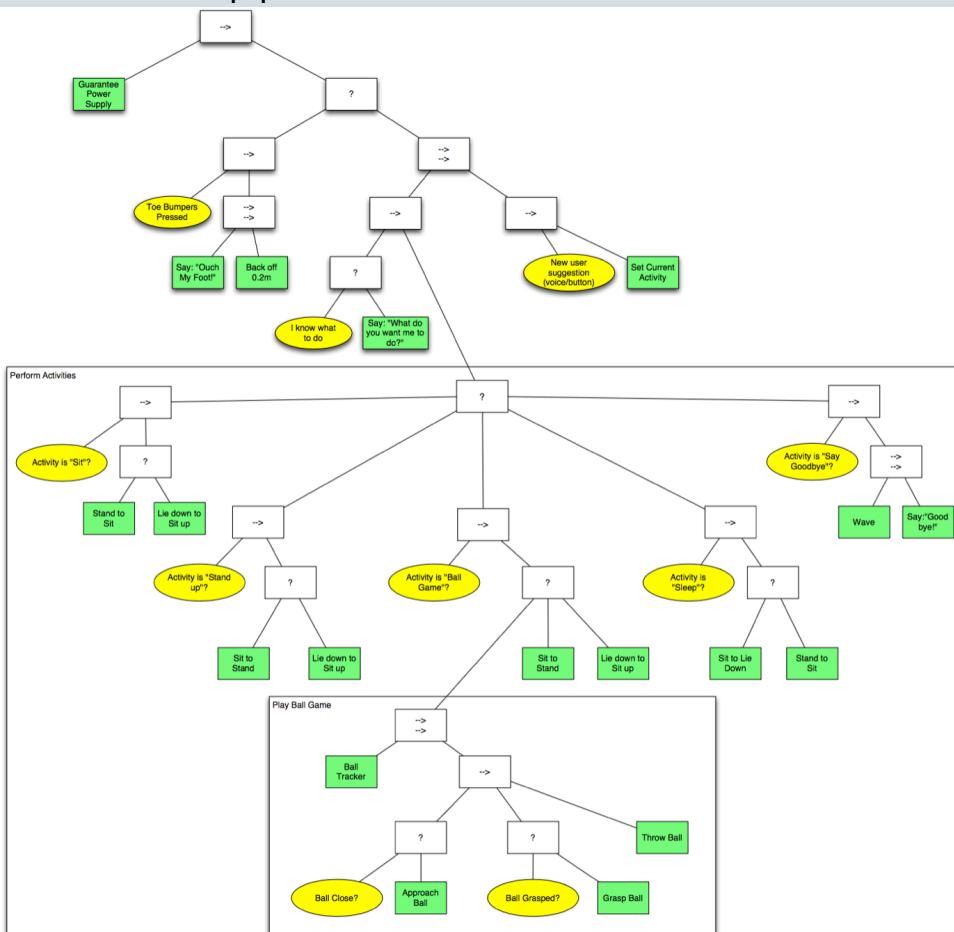
Remarques:
 ici, B reste à l'état "running" tant
 que la recharge n'est pas terminée

Traduction de l'automate à états finis précédent





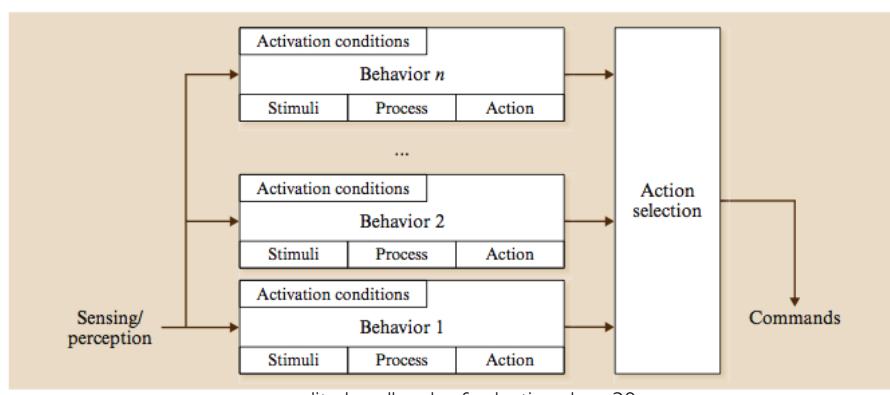
Application: contrôle d'un robot NAO



Architecture de subsomption

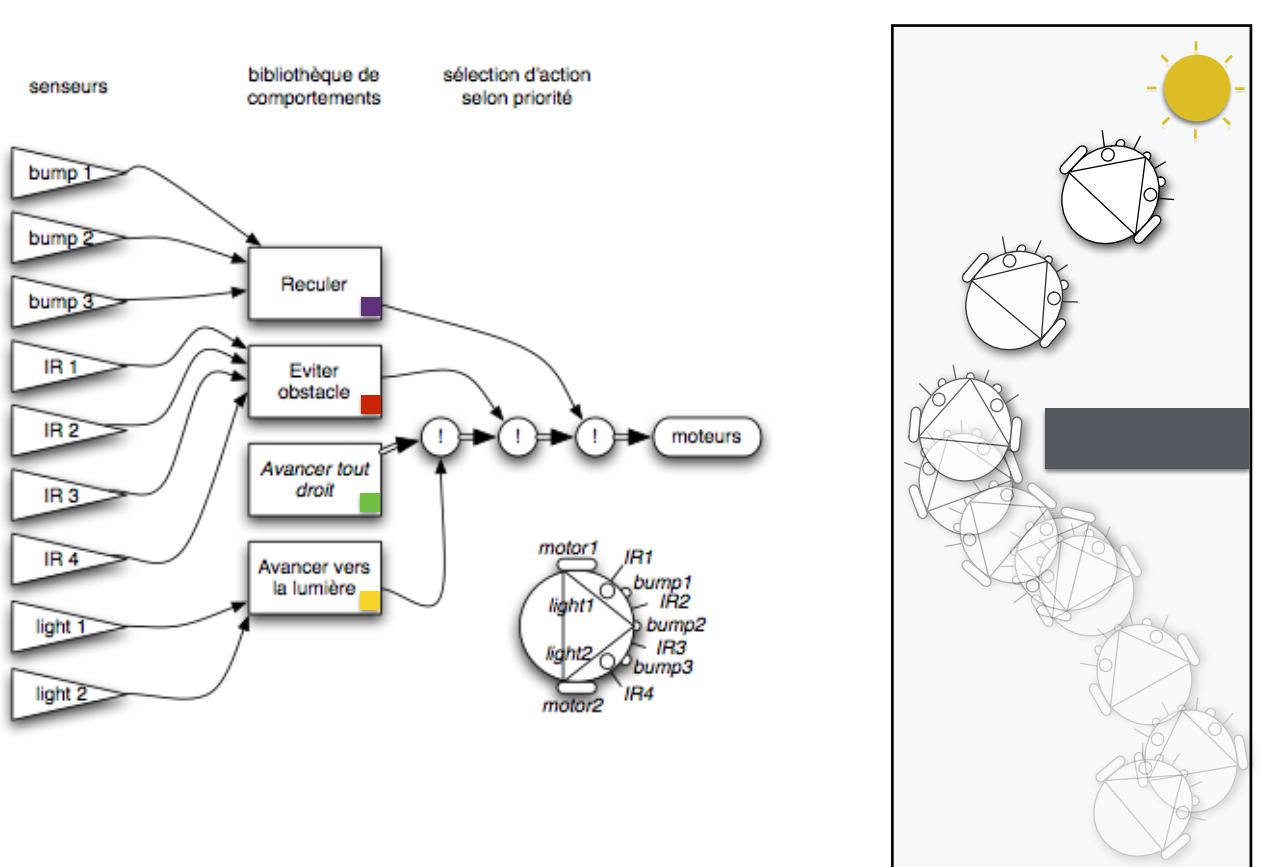
Architecture de subsomption

34



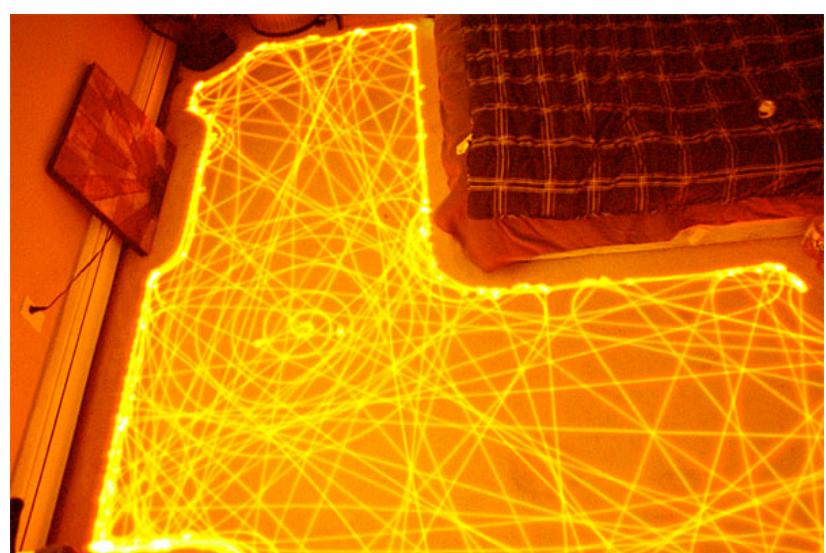
credits: handbook of robotics, chap 38

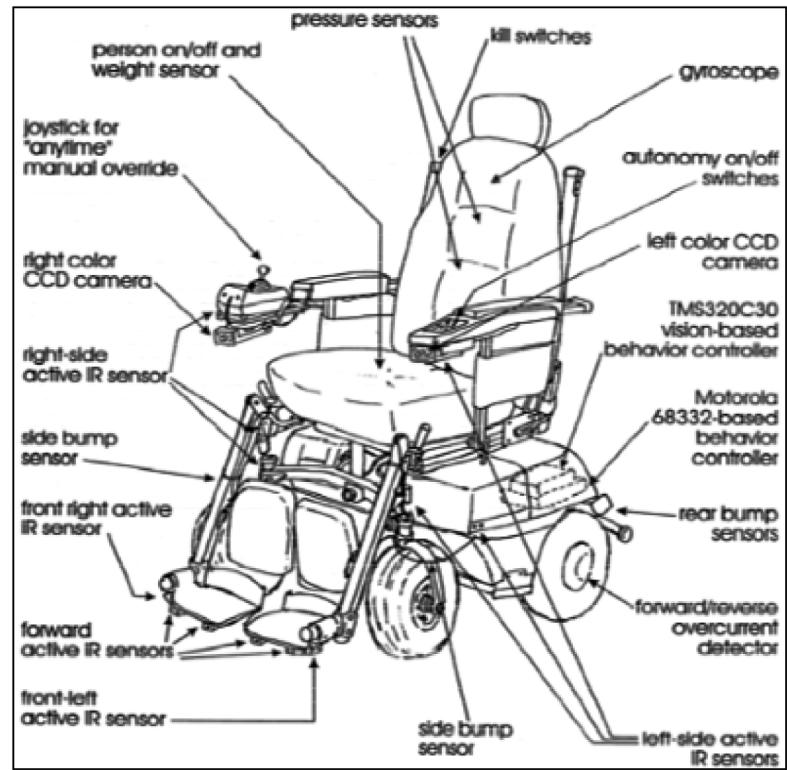
- Eléments
 - ▶ Une bibliothèque de **comportements**, organisé par ordre de priorité
 - ▶ Mécanisme de **sélection d'action** parmi les comportements activables
- Fonctionnement
 - ▶ Le comportement actif de plus haut niveau prend la main



nicolas.bredeche@upmc.fr

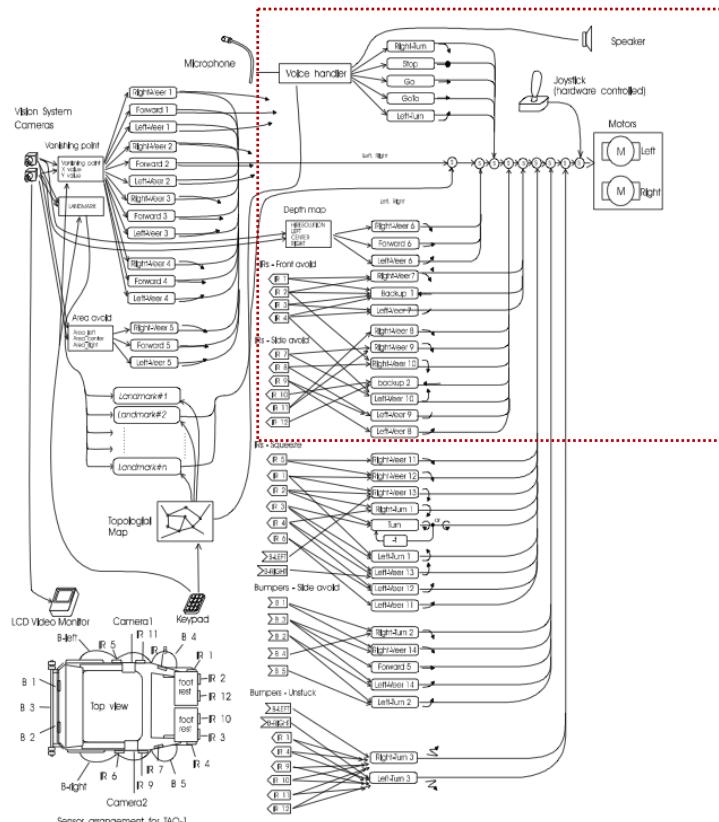
Roomba (iRobot)





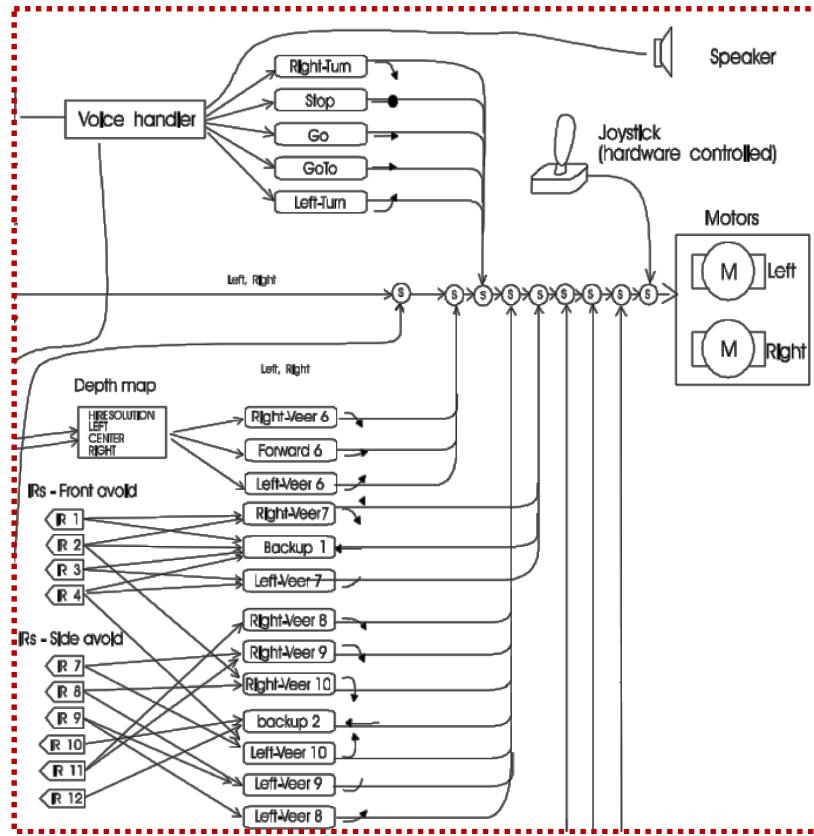
nicolas.bredeche@upmc.fr

TAO-I wheelchair (Applied AI System) [Gomi, 1996]



nicolas.bredeche@upmc.fr

TAO-I wheelchair (Applied AI System) [Gomi, 1996]



nicolas.bredeche@upmc.fr

TAO-I wheelchair (Applied AI System) [Gomi, 1996]

Conclusions

- Résumé
 - Emergence de comportements complexes (individuel ou collectif)
 - Architectures de comportement (archi. de subsomption, arbre de comportements, etc.)

- Questions ouvertes (dans le cadre de cette UE)
 - Quelles sont les limites d'un conception par essai-erreurs
 - Comment automatiser la conception de comportement?
 - Quelles méthodes d'apprentissage?

nicolas.bredeche@upmc.fr

Application pratique

42



1. Identifiez les comportements par défaut “rouge” et “jaune” (en binôme)
2. Positionnez les robots afin d'obtenir un comportement collectif (tous ensemble)

nicolas.bredeche@upmc.fr

- M.J. Mataric (1994) Interaction and Intelligent Behavior. Ph.D. MIT.
- R.A. Brooks (1986) A robust layered control system for a mobile robot." IEEE journal on robotics and automation 2.1 (1986): 14-23.
- V. Braitenberg (1986) Vehicles: Experiments in synthetic psychology. MIT press.
- C.W. Reynolds (1987) Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. ACM SIGGRAPH computer graphics 21.4:25-34.
- T. Gomi, A. Griffith (1998) Developing intelligent wheelchairs for the handicapped. Assistive Technology and Artificial Intelligence. Springer Berlin Heidelberg, 1998. 150-178.
- R.A.Brooks, A.M. Flynn (1989) Fast, cheap and out of control. MIT AI memo #1182.
- I.D. Couzin et al. (2002) Collective memory and spatial sorting in animal groups. Journal of theoretical biology 218.1: 1-11.
- M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Colorni (1996) Ant system: optimization by a colony of cooperating agents. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics) 26.1:29-41.
- R.R. Murphy (2000) An Introduction to AI Robotics. Bradford Book.
- R.A. Arkin (2000) Behavior-Based Robotics (3rd printing). Bradford Book.
- B. Siciliano, O. Khatib, editors (2016) Handbook of robotics. Springer.
- S.B. Niku (2010) Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications (2nd Edition). Wiley.
- M. Colledanchis, P. Ögren (2016) How Behavior Trees Modularize Hybrid Control Systems and Generalize Sequential Behavior Compositions, the Subsumption Architecture, and Decision Trees. IEEE Transactions on Robotics.