HAL
open science

Le Projet Psikharpax : Objectifs et Réalisations

René Zapata, Jean-Arcady Meyer

To cite this version:

René Zapata, Jean-Arcady Meyer. Le Projet Psikharpax : Objectifs et Réalisations. ROBEA 2005 - 5ièmes Journées Bilan du Programme Interdisciplinaire ROBotique et Entités Artificielles, Mar 2005, Montpellier, France. pp.19-26. lirmm-00105973

HAL Id: lirmm-00105973

https://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/lirmm-00105973

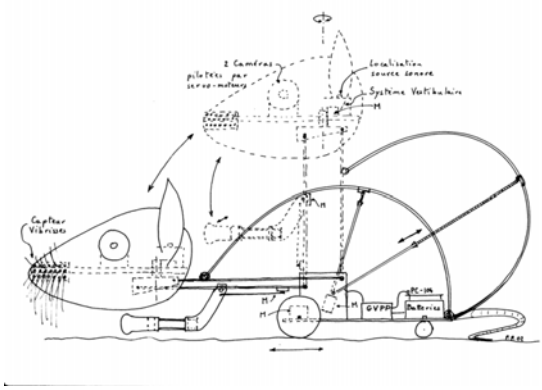
Submitted on 21 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le projet Psikharpax: objectifs et réalisations

René Zapata, LIRMM, Montpellier
Jean-Arcady Meyer, LIP6, Paris



I. Objectifs du projet

Le projet Psikharpax associe l'AnimatLab du LIP6 (Paris), le LPPA du Collège de France (Paris), le LIRMM (Montpellier) et deux sociétés privées – BEV et Wany robotics. Il vise à produire un rat artificiel, dont la morphologie et le contrôle seront largement inspirés du rat naturel, afin de lui permettre d'exhiber des capacités d'autonomie et d'adaptation outrepassant celles des robots actuels. En effet, sans intervention humaine, ce rat doit être capable de "survivre" dans un environnement plus ou moins inconnu et menaçant, sachant décider quoi faire à tout moment et sachant apprendre quels comportements sont adaptés à la satisfaction de quels buts.

Alors que les tenants de l'IA traditionnelle ont assez largement échoué à produire des systèmes aussi intelligents que l'homme, alors que les robots autonomes produits par les ingénieurs en vue d'accomplir une tâche donnée s'accommodent fort mal de circonstances imprévues, le robot Psikharpax a vocation à servir de vitrine pour démontrer l'étendue et les capacités des comportements adaptatifs qu'il est possible de copier de la nature. Ainsi, plutôt que de chercher à reproduire des processus cognitifs complexes isolés, que l'homme seul peut exhiber (raisonner, jouer aux échecs, parler, calculer…), le projet Psikharpax vise à copier et à intégrer les capacités adaptatives basiques que l'homme partage avec les animaux (se déplacer, éviter des obstacles, s'orienter, enchaîner des actions,…) parce qu'elles sont les primitives de la cognition humaine et parce qu'elles sont probablement indispensables à sa compréhension [6][7]. De même, alors que les roboticiens qualifient d'"autonomes" des artefacts capables d'accomplir un très petit nombre de tâches (généralement une seule) conçues au service de l'homme et s'exécutant dans un environnement généralement très soigneusement contrôlé, le rat Psikharpax doit "vivre sa vie" dans l'environnement normal et changeant d'un laboratoire, au seul service de lui-même, c'est-à-dire au gré de ses nombreuses motivations (comme se nourrir, boire, se reposer ou échapper à ses prédateurs) et de ses émotions (comme la peur, l'agressivité, la satisfaction ou le dégoût).

Plus spécifiquement, au lancement du programme ROBEA, le robot Psikharpax devait être capable:

1) d'explorer son environnement en vue d'en élaborer une "carte cognitive";
2) d'utiliser cette carte pour se positionner lui-même et pour localiser les endroits où des récompenses ou des punitions ont été reçues ;
3) d'apprendre quels comportements et quels objets dans l'environnement engendrent quelles émotions et satisfont quelles motivations;
4) d'utiliser son système motivationnel pour sélectionner le but courant à satisfaire, comme d'aller se nourrir lorsqu'il a faim ou d'aller boire lorsqu'il a soif;

5) de modifier son comportement courant en fonction de ses émotions, notamment sous l'effet de la peur engendrée par la confrontation avec un danger quelconque;

Enfin, un robot réel, équipé de nombreux senseurs externes (vision, audition, toucher) et internes (système vestibulaire, odométrie) et de nombreux actionneurs (déplacements, préhension, rotations de la tête, mouvements des yeux) devait être produit et servir de démonstrateur des capacités qui viennent d'être évoquées. Faute d'avoir obtenu de ROBEA le financement demandé, les capacités adaptatives de Psikharpax n'ont été implémentées qu'en simulation à ce jour – à quelques applications robotiques près. Plusieurs recherches ont été cependant conduites sur les senseurs et actionneurs de la plateforme robotique dont le développement se poursuit sur fonds propres de l'AnimatLab.

II. Principaux résultas obtenus

La figure 1 présente l'organisation générale du projet et met en perspective les principaux résultats obtenus à l'AnimatLab.
Ainsi, en accompagnement d'une revue générale des modèles de navigation en robotique [2][9], un modèle exploitant les connaissances actuelles sur l'anatomie et la physiologie de l'hippocampe du rat et permettant à un robot Pioneer d'explorer un environnement de laboratoire inconnu, de s'y localiser et de planifier une trajectoire vers un but a été mis au point [17][35].

De même, un modèle de sélection de l'action, inspiré des connaissances courantes sur les ganglions de la base chez le rat, a été utilisé pour permettre à un robot Lego, construit pour la circonstance, de "survivre" dans un environnement où deux séries de ressources indispensables à cette survie -- comme de la nourriture et de la boisson -- pouvaient être "consommées" [21]. Dans la mesure où ce robot n'utilisait aucune carte pour se localiser lui-même ou pour localiser sa nourriture, dans la mesure où il ne pouvait donc capitaliser que sur la chance pour trouver à temps la ressource appropriée, un travail complémentaire à été dédié à la connexion en simulation des deux modèles de navigation et de sélection de l'action qui viennent d'être évoqués, à partir d'hypothèses sur la nature et la fonctionnalité de diverses boucles reliant le cortex aux ganglions de la base et au thalamus 0[19][20][21][36].

En parallèle, diverses hypothèses sur les rôles possibles de la dopamine dans les ganglions de la base ont été testées en simulation et comparées à des données expérimentales obtenues au LPPA [8][23][39]. A terme ces recherches devraient permettre au rat Psikharpax d'apprendre par renforcement quels objets dans l'environnement sont sources de récompense ou de punitions et quelles séquences d'actions sont susceptibles de conduire aux endroits où telle ou telle motivation peut être satisfaite.

Enfin, un modèle de planification à base de colonnes corticales a été élaboré et connecté aux modèles de navigation et de sélection de l'action précédemment évoqués [16][34][40].

Il apparaît ainsi qu'un robot simulé, confronté à un environnement inconnu, est capable de l'explorer et d'en élaborer une "carte cognitive" grâce à laquelle il peut se localiser et localiser des sources de récompenses ou de danger. Il lui est alors possible de rejoindre les endroits où tel ou tel de ses besoins (comme se nourrir, boire ou se reposer) peuvent être satisfaits, d'effectuer des choix de compromis (permettant, par exemple, de choisir un chemin long mais non dangereux vers de la nourriture, ou au contraire un chemin court et hasardeux, selon l'urgence à se nourrir), d'effectuer des choix opportunistes (conduisant, par exemple, à exploiter une source de boisson rencontrée en route vers de la nourriture), de planifier et d'exécuter un détour lorsque la trajectoire habituelle vers un but donné s'avère soudainement impraticable.

Concernant l'équipement sensori-moteur du futur robot, Psikharpax sera équipé de

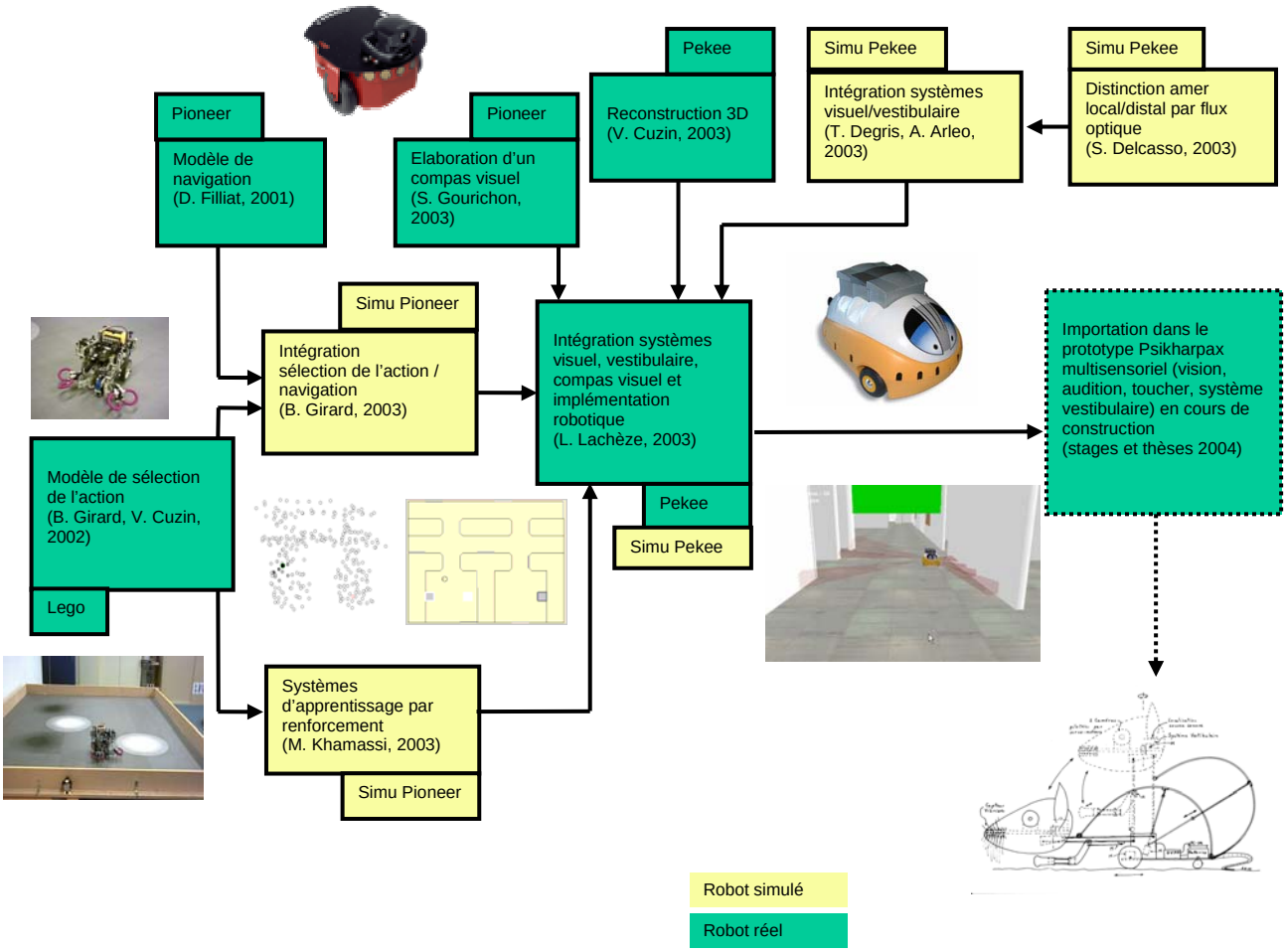


Figure 1. Les recherches passées et actuelles sur Psikharpax ont été conduites aussi bien en simulation que sur divers robots (Pioneer, Lego, Pekee). Elles sont destinées à converger lors de l'implémentation sur la maquette finale en cours de construction.

senseurs visuels (avec 6 "muscles" pour chaque œil, Figure 2), tactiles (50 vibrisses de part et d'autre du museau) et auditifs (2 cochlées électroniques), d'un système vestibulaire (accélérations linéaires et angulaires) et de propriocepteurs (odométrie). Bien qu'utilisant des roues pour se déplacer, il pourra se servir de ses 2 pattes antérieures pour saisir des objets. Enfin, il pourra se redresser pour inspecter son environnement à plus grande distance. Dans

cette perspective, un réflexe vestibulo-oculaire a été implémenté sur une tête mobile [42] et une carte électronique permettant d'utiliser deux matrices de vibrisses pour la reconnaissance de textures a été mise au point [30]. De plus, deux systèmes ont été développés permettant le recalibrage de l'orientation estimée du robot par intégration des informations inertielles, systèmes qui exploitent respectivement le flux optique [1][14][15][32][33] et l'azimut d'amers visuels saillants [5][22][37]. Enfin, un travail en cours porte sur l'intégration de mécanismes de vergence (Figure 2) et de refocalisation en vue de la reconnaissance d'objets.

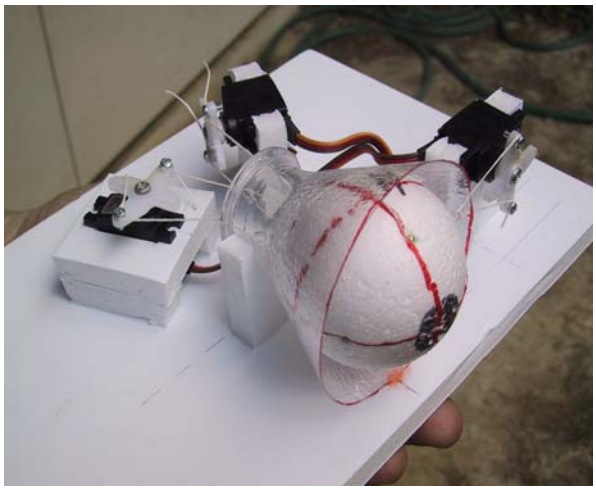


Figure 2. Le robot Psikharpax sera équipé de 2 yeux, chacun animé par 3 moteurs (déplacements verticaux et horizontaux, rotations).

Le LIRMM de son coté a travaillé sur 4 aspects du projet :

- La sélection de l'action par réflexes comportementaux [43] modélisant mathématiquement la sélection et le choix d'actions de déplacement sous une forme réflexe.
- Le développement d'algorithmes de segmentation d'images couleur à partir de réseaux de neurones probabilistes couplés avec un traitement morphologique ainsi que la mise en correspondance de zones colorés dans des couples d'images stéréoscopiques [12].
- La localisation et la planification simultanée d'un robot mobile à partir d'algorithmes bio-plausibles de mise en correspondance morphologique entre l'image capteurs (ici des distances mesurées) et une carte globale de l'environnement. Ce point a été testé en simulation sur des environnements connus puis sur des environnements construits au fur et à mesure du déplacement du robot [44] (figure 3)
- Le codesign Logiciel/Matériel des algorithmes de vision couleur (segmentation, stéréoscopie pour la mesure du champ de distances, localisation) et l'implémentation sur circuits programmables de ces algorithmes afin d'atteindre des traitements en temps réel [11][12].

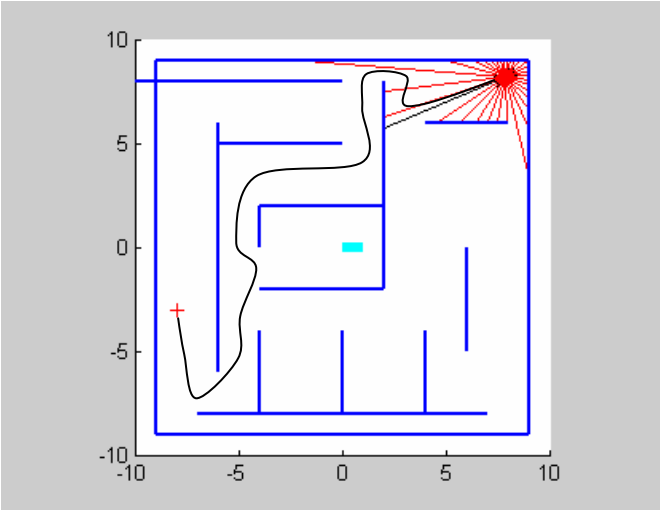


Figure 3. Simulation du planificateur morphologique

Ainsi, à ce jour, les 5 fonctionnalités évoquées plus haut ont été implémentées [3][10][18][19][20] et peuvent être démontrées au moyen d'une plate-forme de simulation dédiée (Figure 4). Certaines d'entre elles ont été mises en œuvre sur divers robots (Lego, Pekee, Pioneer). Au-delà du projet ROBEA, leur intégration et leur portage sur une plate-forme robotique dédiée se poursuit à un rythme propre, dans le cadre notamment d'un projet européen en voie de constitution.

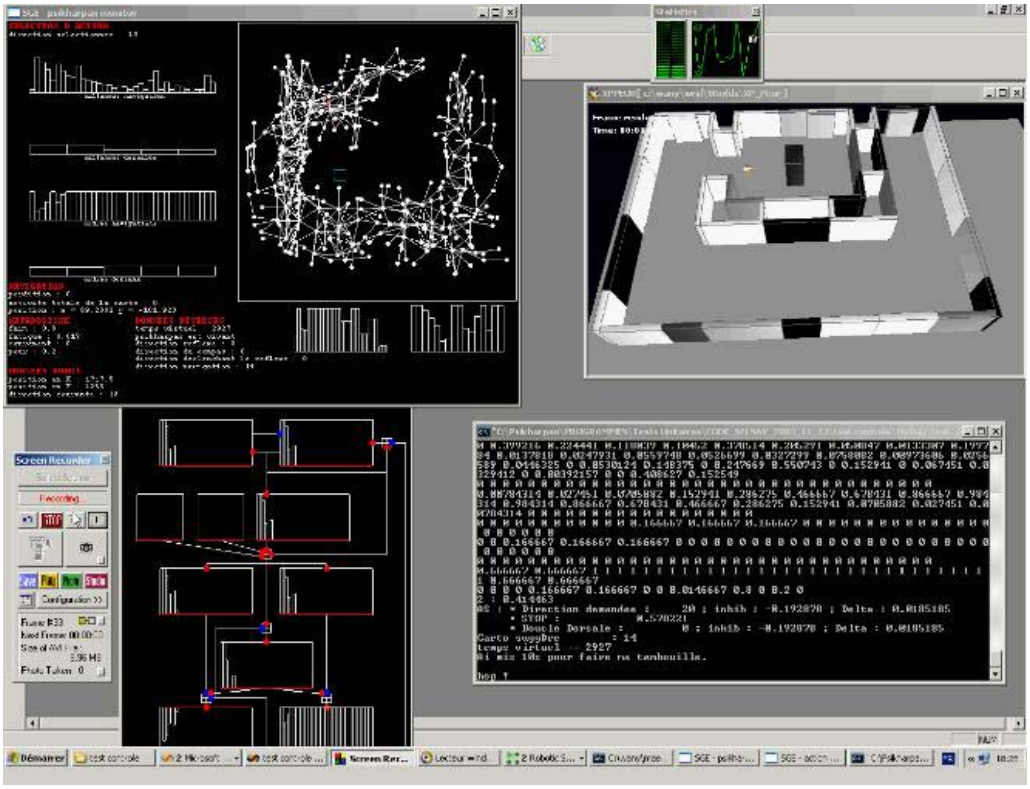


Figure 4. Le simulateur mis au point au LIP6 dans le cadre du projet Psikharpax permet de définir l'environnement du robot, les obstacles et les différentes sources de nourriture ou de danger qu'il renferme. Il permet également de suivre l'évolution de la carte cognitive que le robot élabore à mesure qu'il explore cet environnement, ainsi que les détails du fonctionnement des circuits nerveux intervenant dans ses décisions.

III. Publications sur le sujet

A. Articles dans des revues internationales

[1] Degris, T., Brunel, N., Sigaud, O. and Arleo, A. (2004). Rapid response of head direction cells to reorienting visual cues: A computational model. *Neurocomputing*, 58-60C:675-682.

[2] Filliat D. and Meyer, J.-A. (2003). Map-based navigation in mobile robots - I. A review of localization strategies. *Journal of Cognitive Systems Research*. 4, 4, 243-282.

[3] Girard, B., Filliat, D., Meyer, J.A., Berthoz, A. and Guillot, A.. (Sous presse). Integration of navigation and action selection functionalities in a computational model of cortico-basal ganglia-thalamo-cortical loops. *Adaptive Behavior, Special Issue Towards Artificial Rodents*.

[4] Girard, B., Cuzin, V., Guillot, A., Gurney, K. and Prescott, T. (2003). A basal ganglia inspired model of action selection evaluated in a robotic survival task. *Journal of Integrative Neuroscience*. 2(22), 179-200.

[5] Gourichon, S., Meyer, J.-A. and Pirim, P. (2002). Using colored snapshots for short-range guidance in mobile robots. *International Journal of Robotics and Automation : Special Issue on Biologically Inspired Robotics*. 17,4, 154-162.

[6] Guillot, A. and Meyer, J.-A. (2001). The Animat Contribution to Cognitive Systems Research. In *Journal of Cognitive Systems Research*. 2(2), 157-165.

[7] Guillot, A. and Meyer, J.A. (2003). La contribution de l'approche animat aux sciences cognitives. *Cahiers Romans de Sciences Cognitives*. 1 (1), 1-26.

[8] Khamassi, M. Lachèze, L. Girard, B., Berthoz, A. and Guillot, A. (Sous presse). Actor-critic models of reinforcement learning in the basal ganglia: From natural to artificial rats. *Adaptive Behavior, Special Issue Towards Artificial Rodents*.

[9] Meyer, J.-A. and Filliat D. (2003). Map-based navigation in mobile robots - II. A review of map-learning and path-planning strategies. *Journal of Cognitive Systems Research*. 4, 4, 283-317.

[10] Meyer, J.-A., Guillot, A., Girard, B., Khamassi, M., Pirim, P. and Berthoz, A. (2005). The Psikharpax project: Towards building an artificial rat. *Robotics and Autonomous Systems*, 50(4), 211-223.

[11] Zapata, R., Lépinay, P. (2003). DVZ-based Collision Avoidance Control of Non-holonomic Mobile Manipulators . *Journal Européen des systèmes automatisés, Vol 33, 2004.*

[12] Zapata, R., Lépinay, P., and Ocampo, D. (2003). Co-design of Fast Biologically-plausible Vision-based Systems for Controlling the Reactive Behaviors of Mobile Robots. Accepté au *Journal of Robotic Systems, Parution 2005*.

[13] Zugaro, M. B., Arleo, A., Déjean, C. , Burguière, E., Khamassi, M. and Wiener, S. I.. (2004). Rat anterodorsal thalamic head direction neurons depend upon dynamic visual signals to select anchoring landmark cues. *European Journal of Neuroscience*, 20(2):530-536.

B. Actes de conférences

[14] Degris, T., Lachèze, L., Boucheny, C. and Arleo, A. (2004). A Spiking Neuron Model of Head-Direction Cells for Robot Orientation. In S. Schaal, A. Ijspeert, A. Billard, S. Vijayakumar, J. Hallam, and J.A. Meyer, editors, *From Animals to Animats: Proceedings of the Eighth International Conference on Simulation of Adaptive Behavior/*, Cambridge. MIT Press-Bradford Books.

[15] Degris , T., Brunel , N., Sigaud , O. and Arleo, A. (In Press). Rapid response of head direction cells to reorienting visual cues: A computational model. In De Schutter (Ed). *Proceedings of the Annual Computational Neuroscience Meeting*. Elsevier.

[16] D'Erfurth, A., Peyrache, A., Guillot, A. and Arleo, A. (soumis). Un modèle computationnel biomimétique de navigation pour le robot-art Psikharpax.. RJCIA 2005.

[17] Filliat, D. and Meyer, J.-A. (2002). Global localization and topological map learning for robot navigation. In Hallam et al. (Eds). *From Animals to Animats 7. Proceedings of the Seventh International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*. pp 131-140. The MIT Press.

[18] Filliat, D., Girard, B., Guillot, A., Khamassi, M., Lachèze, L. and Meyer, J.-A. (2004). State of the artificial rat Psikharpax. In S. Schaal, A. Ijspeert, A. Billard, S. Vijayakumar, J. Hallam, and J.-A. Meyer, editors, *From Animals to Animats 8: Proceedings of the Seventh International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, pages 3-12, Cambridge. MIT Press-Bradford Books.

[19] Girard, B., Filliat, D., J-A., Meyer, A., Berthoz and Guillot, A. (In Press). An Integration of two Control Architectures of Action Selection and Navigation inspired by Neural Circuits in the Vertebrates: the Basal Ganglia. Proceedings of the 8th Neural Computation and Psychology Workshop. *Progress in Neural Processing*. World Scientific;

[20] Girard, B., Filliat, D., Meyer, J.-A., Berthoz, A. and Guillot, A. (2004). An integration of two control architectures of action selection and navigation inspired by neural circuits in the vertebrates: The basal ganglia. In H. Bowman and C. Labiouse, editors, *Connectionist Models of Cognition and Perception II, Proceedings of the Eighth Neural Computation and Psychology Workshop*, pages 72-81. World Scientific.

[21] Girard, B., Cuzin, V., Guillot, A., Gurney, K., and Prescott, T. (2002). Comparing a bio-inspired robot action selection mechanism with winner-takes-all. In Hallam et al. (Eds). *From Animals to Animats 7. Proceedings of the Seventh International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*. The MIT Press.

[22] Gourichon, S., Meyer, J.-A., Ieng, S.H., Smadja, L. and Benosman, R. (In Press). Estimating ego-motion using a panoramic sensor: Comparison between a bio-inspired and a camera-calibrated method. In Holstein and Labrosse (Eds). *AISB Symposium on Biologically-Inspired Machine Vision, Theory and Application*. pp 91-101. AISB Pub.

[23] Khamassi, M., Girard, B., Berthoz, A. and Guillot, A. (2004). Comparing three Critic Models of Reinforcement Learning in the Basal Ganglia Connected to a Detailed Actor in a S-R Task. *Proceedings of the 8th Intelligent Autonomous Systems Conference*, pages 430-437. IOS Press.

[24] Lanzoni, C. Sánchez, A., and Zapata, R. (In Press). Sensor-based motion planning for car-like mobile robots in unknown environments. *Proceedings of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation.*

[25] Meyer, J.A. (2002). Psikharpax. Vers la synthèse d'un rat artificiel. In Ghallab (Ed). *Actes des Journées du Programme Interdisciplinaire ROBEA*. pp 29-32. Publication LAAS.

[26] Meyer, J.-A. (2004). Le projet Psikharpax: objectifs et réalisations. In Ghallab (Ed). *2èmes Journées du Programme Interdisciplinaire ROBEA*, pages 35-42.se. Publication LAAS.

[27] Meyer, J.A., Guillot, A., Pirim, P. and Berthoz, A. (Sous presse). Psikharpax: An autonomous and adaptive artificial rat. In *Proceedings ISR2004*, Paris.

[28] Meyer, J.-A., Guillot, A., Pirim, P. and Berthoz, A. (2004). Psikharpax: An autonomous and adaptive artificial rat. In

Proceedings of ISR2004. CD ROM ISR, Paris.

[29] Torres L., Lépinay P., Zapata R., Droulez J., and Creuze V. (2000). Codesign of a vision-based collision avoidance autonomous system. *Proceedings of the XIIIth Symposium on Integrated Circuits and Systems Design.*

C. Rapports techniques, thèses, articles de vulgarisation

[30] Chavanel, J. (2004). Mise au point d'un système de vibrisses artificielles pour l'analyse de textures et la discrimination d'objets chez le robot Psikharpax. *Rapport du DEA IARFA, Paris 6.*

[31] Cuzin, V. (2003). Utilisation de la continuité temporelle pour la modélisation 3D automatique et sans connaissance a priori de scènes statiques par analyse de séquences vidéo. Rapport LIP6 de présoutenance de thèse.

[32] Degris, T. (2002). RATSIM: Un modèle neuromimétique des cellules de direction de la tête du rat. *Rapport du DEA IARFA, Paris 6.*

[33] Delcasso, S. (2003). Intégration du flux optique au fonctionnement des cellules de directions de la tête en vue de la mise au point d'un système de navigation autonome. *Rapport du DEA Sciences Cognitives, Paris Sud.*

[34] D'Erfurth, A. (2004). Architecture de contrôle biomimétique pour la navigation et la planification chez le rat artificiel Psikharpax. *Rapport du DEA IARFA, Paris 6.*

[35] Filliat, D. (2001). Cartographie et estimation globale de la position pour un robot mobile autonome. *Thèse de Doctorat de l'Université Paris 6. Spécialité Informatique*.

[36] Girard, B. (2003). Intégration de la navigation et de la sélection de l'action dans une architecture de contrôle inspirée des ganglions de la base. *Thèse de Doctorat de l'Université Paris 6. Spécialité Informatique*.

[37] Gourichon, S. (2004). *Utilisation d'un compas visuel pour la navigation d'un robot mobile*. PhD thesis, LIP6/AnimatLab, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France. Spécialité Ínformatique.

[38] Guillot, A. and Meyer, J.-A. (2002). Psikharpax, l'ambition d'être un rat. *La Recherche. Numéro spécial: Les nouveaux robots*. 350, 64-67

[39] Khamassi, M. (2003). Un modèle d'apprentissage par renforcement dans une architecture de contrôle de la sélection de l'action chez le rat artificiel Psikharpax. *Rapport du DEA Sciences Cognitives, Paris 6.*

[40] Kuzucuoglu, E. (2003). Implémentation logicielle d'un modèle de sélection de l'action basé sur les colonnes corticales. *Rapport de stage de l'Institut d'Informatique d'Entreprise du Conservatoire National des Arts et Métiers*.

[41] Meyer, J.-A. and Guillot, A. (2002). Vers une robotique animale. *Pour la Science*. 300, 168-171.

[42] Sambourg, O. (2004). Traitement du réflexe vestibulo-oculaire chez le rat artificiel Psikharpax. *Rapport du DEA IARFA, Paris 6.*

[43] Portes, S. (2003) Validation et formalisation d'un superviseur robotique : « l'instinct software ». *Rapport du DEA SyAM, Montpellier II*

[44] Zapata, R., Lépinay, P., Segovia, "A Fast Mobile Robot Motion Planner",IEEE International Conference on Industrial Technology - *ICIT'03, Maribor, Slovénie, Décembre 2003*

View publication stats