



HAL
open science

Un pilote automatique inspiré des insectes pour la navigation 3D dans un tunnel

G. Portelli, Julien Serres, F. Ruffier, N. Franceschini

► **To cite this version:**

G. Portelli, Julien Serres, F. Ruffier, N. Franceschini. Un pilote automatique inspiré des insectes pour la navigation 3D dans un tunnel. 4ème Journée de l'Ecole Doctorale Sciences du Mouvement Humain (JEDSMH), May 2008, Avignon, France. hal-02298370

HAL Id: hal-02298370

<https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-02298370>

Submitted on 26 Sep 2019

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.

Un pilote automatique inspiré des insectes pour la navigation 3D dans un tunnel

G.PORTELLI, J.SERRES, F.RUFFIER, ET N.FRANCESCHINI

Institut des Sciences du Mouvement Etienne Jules Marey – UMR6233

Correspondant : G.PORTELLI
Email : geoffrey.portelli@univmed.fr

Mots clés : flux optique, pilote automatique, bionique, biorobotique, biomimétisme.

1 Introduction

Les insectes volants sont capables de naviguer dans un environnement inconnu en se basant sur le flux optique (FO) [1] engendré par leur propre déplacement [2]. Ils utilisent ce FO pour éviter les obstacles [3, 4], contrôler leur vitesse [5, 6, 7], contrôler leur altitude et atterrir [6, 8, 9, 10]. Des abeilles entraînées à pénétrer dans un tunnel étroit (12 cm), ont été observées suivant la ligne médiane [3]. Pour expliquer cette *réponse centrée*, les auteurs ont émis l'hypothèse selon laquelle l'abeille équilibrerait les FOs latéraux, gauche et droit. Pourtant, nous avons observé que, dans un tunnel plus large (95 cm), l'abeille ne se centrerait pas systématiquement et générerait un comportement de *suivi de paroi* [4, 11]. Nous avons alors conçu un pilote automatique (LORA III), basé sur deux régulateurs de FO latéraux permettant à un agent de contrôler sa vitesse et d'éviter les obstacles latéraux [12].

Le but du travail ici présenté est d'étendre aux trois dimensions (x,y,z) le principe de régulation du FO. Le nouveau pilote automatique que nous avons conçu, ALIS (*AutopiLot using an Insect based vision System*) [13] permet de naviguer en 3D dans un tunnel, en prenant en compte les FOs droit, gauche, ventral, et dorsal.

2 Matériels et méthode

Toutes les expériences ont été réalisées en simulation avec les logiciels Matlab/Simulink. L'environnement 3D simulé est un tunnel de 6 m de long, 1 m de large, et 1 m de hauteur. Les quatre faces en sont tapissées d'images naturelles. Le modèle dynamique de l'abeille simulée est décrit par ses trois degrés de liberté en translation (x,y,z). Elle est équipée de quatre capteurs de FO (2 latéraux, 1 ventral, 1 dorsal), sous la forme de Détecteurs Élémentaires de Mouvement (DEM), chacun d'eux alimentés par deux photorécepteurs

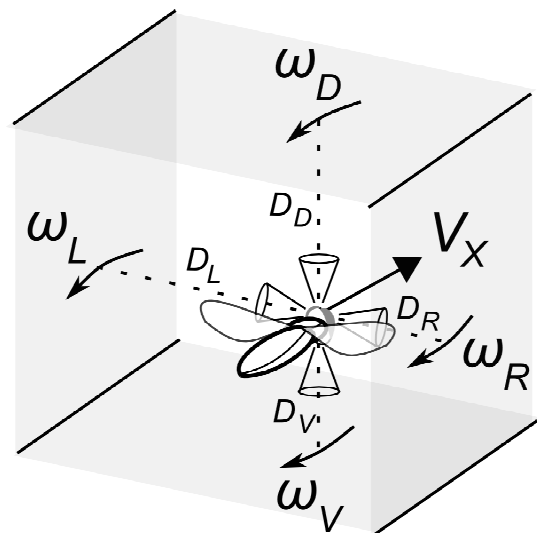


Figure 1 : Vue en perspective de l'abeille muni de ses quatre DEM dans le tunnel. Chaque DEM regarde dans une direction particulière et mesure le FO correspondant ω . Le FO dépend uniquement du rapport entre la vitesse V_x d'avance et la distance à la face considérée D .

(Fig. 1). La sortie photoréceptrice est calculée à chaque pas de la simulation (1 ms) par la convolution de la zone visible de la scène naturelle avec un filtre gaussien 2D mimant la sensibilité angulaire gaussienne du photorécepteur. Le pilote automatique ALIS contrôlant l'abeille simulée est une combinaison des pilotes automatiques OCTAVE (pour l'évitement du sol [14]) et LORA III (pour le contrôle de vitesse et évitement d'obstacles latéraux [12]).

3 Résultats

La figure 2 montre une trajectoire 3D simulée d'abeille entrant dans un couloir rectiligne.

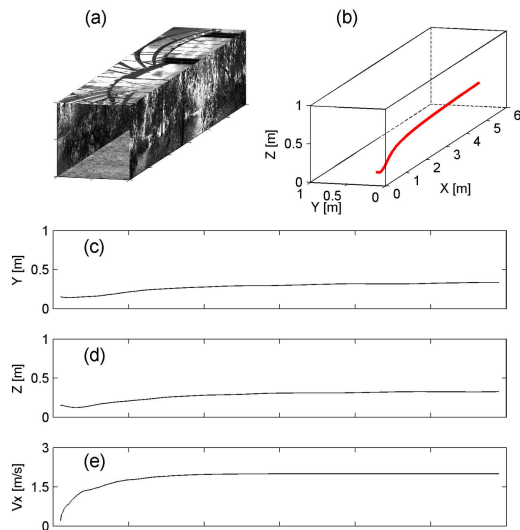


Figure 2 : (a) Vue en perspective du tunnel. (b) Trajectoire 3D de l'abeille simulée. (c) Trajectoire dans le plan horizontal (x,y). (d) Trajectoire dans le plan vertical (x,z). (e) Profil de vitesse V_x .

4 Conclusion

Nous avons mis au point un pilote automatique 3D appelé ALIS, basé sur la *régulation du flux optique*. Les résultats montrent qu'un agent équipé de ce pilote automatique peut naviguer, sous contrôle visuel, en toute sécurité dans un tunnel. Le système visuel simulé est minimaliste et ne comporte que huit photorécepteurs formant quatre DEMs (une paire dans le plan horizontal et une paire dans un plan vertical). La clé du fonctionnement de ce pilote automatique réside dans les deux *régulateurs de FO* qui tendent à maintenir constant (= réguler) le FO perçu en agissant d'une part sur la poussée d'avance, d'autre part sur la poussée latérale ou verticale. L'avantage de ce système visuo-moteur est qu'il fonctionne sans aucune mesure explicite de la vitesse et des distances. Le pilote automatique ALIS ne requiert ni capteur de vitesse ni capteur de distance. Les systèmes de contrôle visuo-moteur basés sur l'étude des insectes permettent d'accéder à des solutions efficaces, ne nécessitant que de faibles ressources de traitement. Ces solutions biomimétiques ouvrent la voie à des systèmes de guidage visuel légers, peu gourmands en énergie, et susceptibles d'être appliqués à la navigation de véhicules autonomes ainsi qu'à des systèmes d'alarme pour aéronefs grandeur.

Références :

- [1] J.J. Gibson, "The perception of the visual world," Boston: Houghton Mifflin, 1950.
- [2] G.A. Horridge, "The evolution of visual processing and the construction of seeing system," *Proc. Roy. Soc. Lond. B*, vol. 230, pp. 279-292, 1987.
- [3] M.V. Srinivasan, M. Lehrer, W.H. Kirchner, and S.W. Zhang, "Range perception through apparent image speed in freely flying honeybees," *Vis. Neurosci.*, vol. 6, pp. 519-535, 1991.

- [4] J. Serres, F. Ruffier, G.P. Masson, and N. Franceschini, "A bee in the corridor: centering or wall-following?," *In Proc. of the 7th meeting of the German neuroscience society - 31st Göttingen neurobiology conference*, Göttingen, Germany, T14-8B, 2007.
- [5] R. Preiss, "Motion parallax and figural properties of depth control flight speed in an insect," *Biol. Cybern.*, vol. 57, pp. 1-9, 1987.
- [6] M.V. Srinivasan, S.W. Zhang, M. Lehrer, and T.S. Collett, "Honeybee navigation. en route to the goal: visual flight control and odometry," *J. Exp. Biol.*, vol. 199, pp. 237-244, 1996.
- [7] E. Baird, M.V. Srinivasan, S. Zhang, and A. Cowling, "Visual control of flight speed in honeybees," *J. Exp. Biol.*, vol. 208, pp. 3895-3905, 2005.
- [8] M. V. Srinivasan, S.W. Zhang, J.S. Chahl, E. Barth, and S.Venkatesh, "How honeybees make grazing landings on flat surfaces," *Biol. Cybern.*, vol. 83, pp. 171-183, 2000.
- [9] E. Baird, M.V. Srinivasan, S. Zhang, R. Lamont, and A. Cowling, "Visual control of flight speed and height in honeybee," *LNAI*, vol. 4095, pp. 40-51, 2006.
- [10] N. Franceschini, F. Ruffier, and J. Serres, "A bio-inspired flying robot sheds light on insect piloting abilities," *Current Biology*, vol. 17, pp. 329-335, 2007.
- [11] J. Serres, G. Masson, F. Ruffier, and N. Franceschini "A bee in the corridor: centring and wall-following," *Naturwissenschaften*, en révision, 2008.
- [12] J. Serres, D. Dray, F. Ruffier, and N. Franceschini, "A vision-based autopilot for a miniature air-vehicle: joint speed control and lateral obstacle avoidance," *Autonomous Robot*, vol. 25 pp. 103 -122, 2008.
- [13] G. Portelli, J. Serres, F. Ruffier, and N. Franceschini, "An insect-inspired visual autopilot for corridor-following," soumis, 2008.
- [14] F. Ruffier and N. Franceschini, "Optic flow regulation: the key to aircraft automatic guidance," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 50(4), pp. 177-194, 2005.