

# De l'utilité de l'approche bio-inspirée pour la robotique de services

Pierre Delarboulas  
journées NeuroSTIC – 5 et 6 octobre 2017

*ETIS / ENSEA - Université de Cergy-Pontoise - CNRS UMR 8051  
F-95000 Cergy-Pontoise Cedex, France*

*Partnering Robotics  
4 Rue du Lendemain, 95092 Cergy-Pontoise*

*keywords : Navigation bio-inspirée, Évaluation et régulation de stratégies, fusion de modalités*





# Diya One

## Air quality robot

Interface homme-machine dynamique



### Purification de l'air

particules fines  
ozone



Capteurs d'évitement d'obstacle



Navigation autonome bio inspirée

### Capteurs embarqués



température



hygrométrie



CO2  
Particules fines ...

# Diya One : Air quality robot



## Service : Indoor Air Map

- Carte Météo des environnements intérieurs.
- Localisation des relevés
- Quelques centaines de mètres carrés

## Navigation environnement intérieur

- Usage-based Navigation : limitée à ce qui est requis pour l'usage
- Dynamique, semi-structuré, inconnu a priori
- Long term learning : plusieurs mois de fonctionnement non stop.



# Positionnement de Partnering

## Positionnement

- Contacter rapidement le marché : Survie de l'entreprise
- Amélioration incrémentale du produit : atteindre progressivement une pleine autonomie
- Marché concurrentiel : contrainte de coûts (capteurs low cost)

## Robotique comportementale [Wilson and Meyer 91]

- Approche "bottom-up" : Développement incrémental [Brooks 84]
- Des stratégies élémentaires en interactions
- La robustesse émerge de la synergie des stratégies

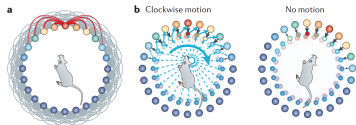
## Architecture de contrôle

- Bien formalisée : Schéma moteur [Arkin 98], Contrôle dynamique [Schöner 95]
- Découpage fonctionnel clair : un objectif  $\Rightarrow$  une stratégie
- Abstraction du matériel

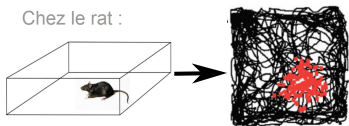


# Navigation chez le rat

- **Head direction cells (HDC)** [Ranck 1984] : maintient l'orientation absolue de la tête de l'animal [Taube 2007]



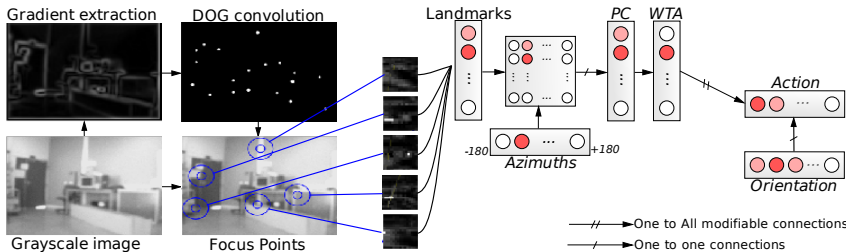
Chez le rat :



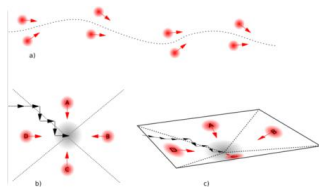
- **Place Cells (PC)** [O'Keefe and Dostrovsky, 1971] : identifie un lieu de manière unique

# PerAc : Perception/Action

- Modèle bio-inspiré de cellules de lieux : [Giovannangeli 07]  
fusion des informations "What" et "Where".

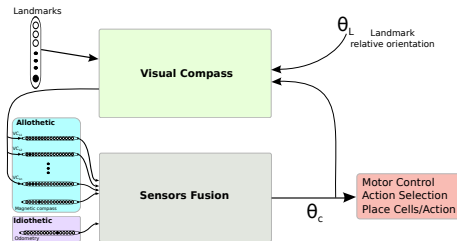


- PerAc [Gaussier et al. 1995]
- Association Lieu/Action
- Comportement simple et robuste



# Système d'orientation multimodales

- Inspiré des Head Direction Cells [Ranck 1984]



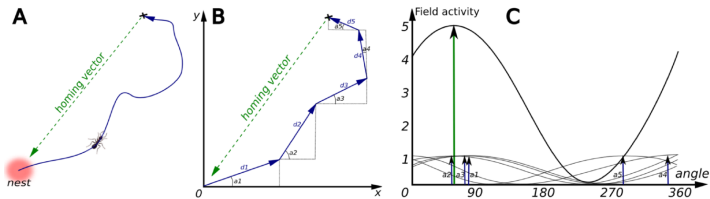
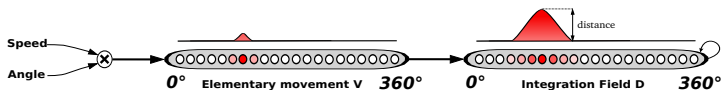
## Visual compas [Giovannangeli 07]

- Associations  
Landmark/Azimuth [LMS & Widrow-hoff]
- Reconnaissance des Landmarks  $\Rightarrow$  reconstruction de l'orientation

## Sensors Fusion [Delarboulas 2014]

- Fusion des modalités via un champ de neurones dynamiques (DNF) [Amari 77]
- Allothétiques : Compas visuel et boussole magnétique
- Idiothétique : Odométrie

# Intégration de chemins



- Intégration de chemins par résidu numérique [Gaussier-99]
- Intégration des mouvements élémentaires **V** du robot à chaque itération
- Le champ de neurones **D** représente une mémoire du chemin parcouru



# Limitations

## PerAc : stratégie locale

- Sensible aux optima locaux et cycles oscillants [Koren et Borenstein, 91]

## Cellules de lieu

- Passage à l'échelle : alias perceptif
- Apprentissage "One Shot" : dégradation de l'activité des Place Cells dans le temps

## Intégration de chemins

- Dérive : besoin de recalibrer
- Très dépendant de la fiabilité de l'orientation du robot !



# DiyaOne 1.0

## Usage based navigation : suivi d'un chemin appris

- PerAc : utilisation de conditionnements Lieu/Action
- Pas de carte de l'environnement
- Pas de planification

## Des stratégies de secours : Retour au nid chez l'animal [Mallot and Franz 2000]

- Blind Homing : conserve la direction de la base de recharge
- Visual Homing : cellules de lieux locaux autour de la station

## En parallèle :

- Besoin d'évaluer le "suivi de chemin" (Path Following)
- Déterminer quand déclencher les stratégies de "retour au nid" (Homing)



# Évaluation et régulation de comportements

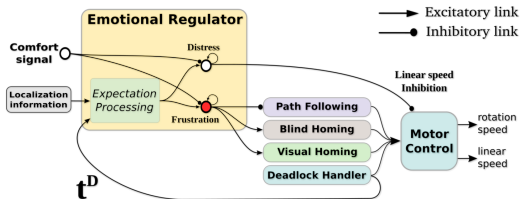
- Émotion : mécanisme d'évaluation et de régulation [Damasio 2003, Rolls 2005]
- Mécanisme de méta-contrôle : Filtre les comportements répétitifs ou inefficaces [Schmidhuber, 1991], [Oudeyer et al., 2007], [Jauffret 2013]
- Utilise un modèle prédictif : long et fastidieux à apprendre
- Modèle difficile à déployer sur des robots industriels !

## Critère d'évaluation :

- Indépendant des représentations des stratégies
- Sans apprentissages : pas de modèles prédictifs

# Évaluation et régulation basées sur la frustration

- Un drive aversif est envoyé à chaque situation de blocage
- Frustration = intégration de ce drive



## Robot frustré :

- Activation des stratégies de "retour au nid".
- Inhibe son comportement de "suivi de chemin".

## Robot en détresse :

- Homing en échec !
- Arrêt et appel à l'aide

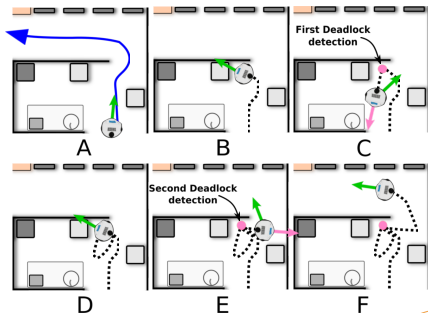
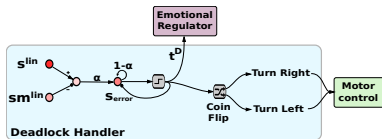
## Intérêt du modèle

- Sauve potentiellement certaines missions en échec
- Maintenance réactive : sollicité uniquement en cas de détresse



# Gestion des situations de blocages

- PerAc : stratégie locale
- Minima locaux et cycles oscillants [Koren et Borenstein, 91]
- Introduction de bruit pour sortir des minima locaux [Arkin 1998]
- Intégration de la différence entre :
  - ⇒ Vitesse désirée (avant prise en compte des obstacles)
  - ⇒ Vitesse réelle (Odométrie)
- Sélection d'une direction aléatoire

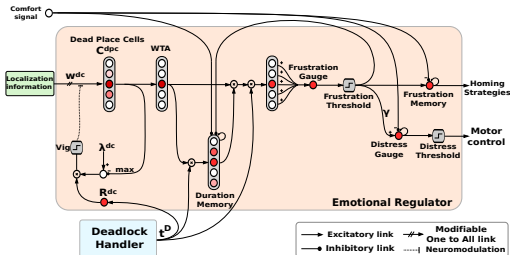


# Frustration artificielle

- Deadlock à répétition dans un même lieu : identifie une situation anormale !

## Frustration

- Recrutement de Dead Place Cells (DPC)
- Un compteur des "deadlock" par DPC
- Si dépassement du seuil de frustration :  
1- déclenchement du Homing 2- remise des compteurs à zéro

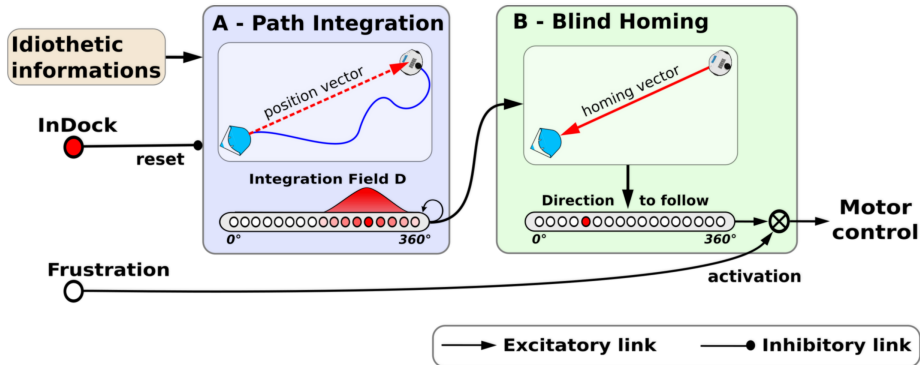


## Détresse

- Incrémentation d'une jauge à chaque "frustration"
- Si dépassement du seuil de détresse : arrêt du robot et appel à l'aide

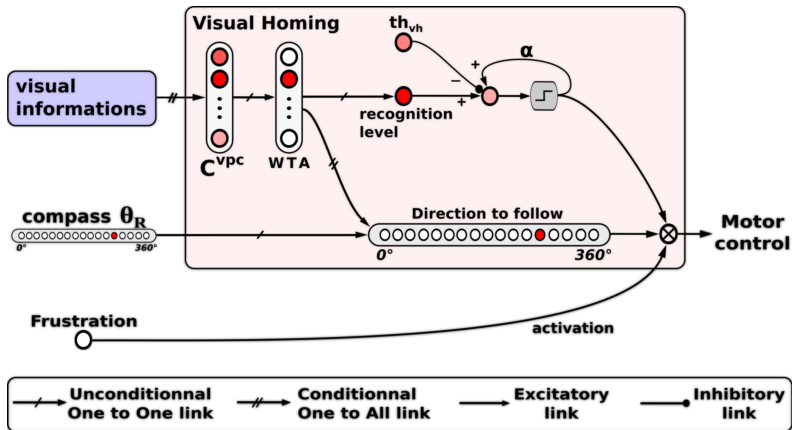


# Stratégie de retour au nid : Blind Homing



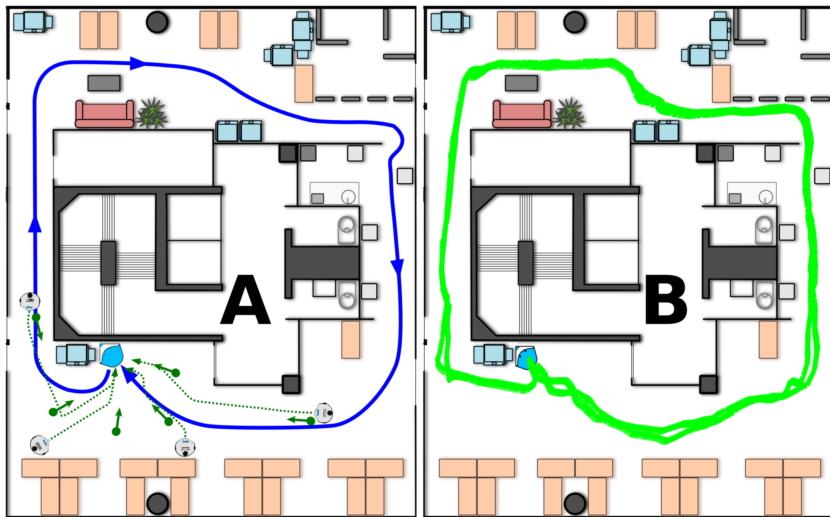
- Robuste si orientation du robot fiable !

# Stratégie de retour au nid : Visual Homing

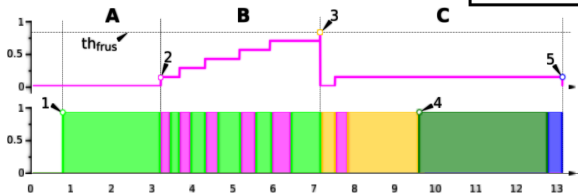
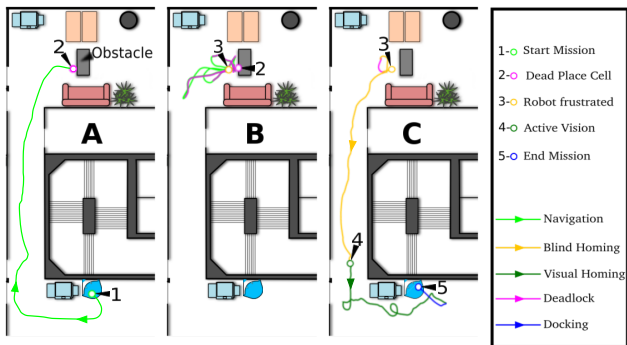


- Bassin d'attraction autour du Dock : compétition locale
- Stratégie active si confiance dans la reconnaissance

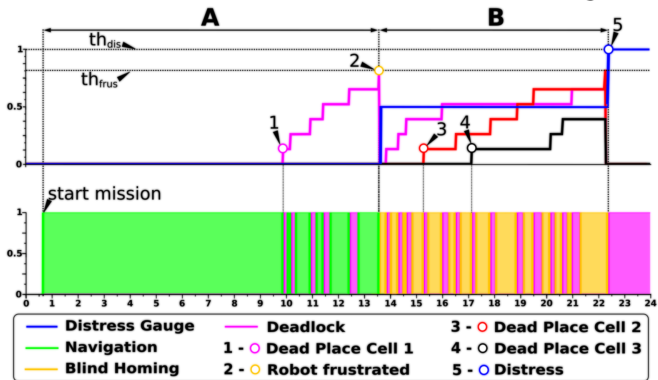
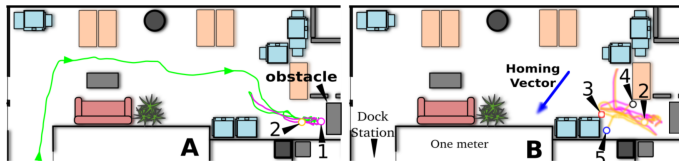
# Expérience



# Expérience : validation



# Limitation du Homing et détresse





# Résultats

## "From research to product"

- Opérationnel depuis juin 2016
- Déployé sur une quinzaine de sites clients

## Résultat pris sur 6 sites

- Taille de rondes : une centaine de mètre
- Nombre de rondes totales : 10332
- Distance parcouru : 551 km
- Nombre de jours de fonctionnements : 1110

## Apport du régulateur

- Échec de la mission : 953 (9.22%)
- Homing Réussi : 660 (69.25%)
- Détresse : 245 (25.71%)
- Mort du robot : 48 (5.03%)

## Autonomie du robot

- Navigation : 90.78%
- Autonomie (avec homing) : 97.17%
- Intervention à distance : 99.54%



# FIN

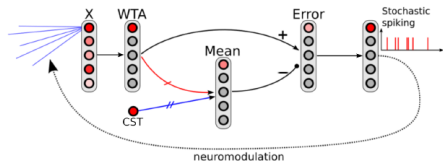
- Merci pour votre attention



# Apprentissage stochastique basé sur la nouveauté [Jauffret-2013]

## 2 problèmes :

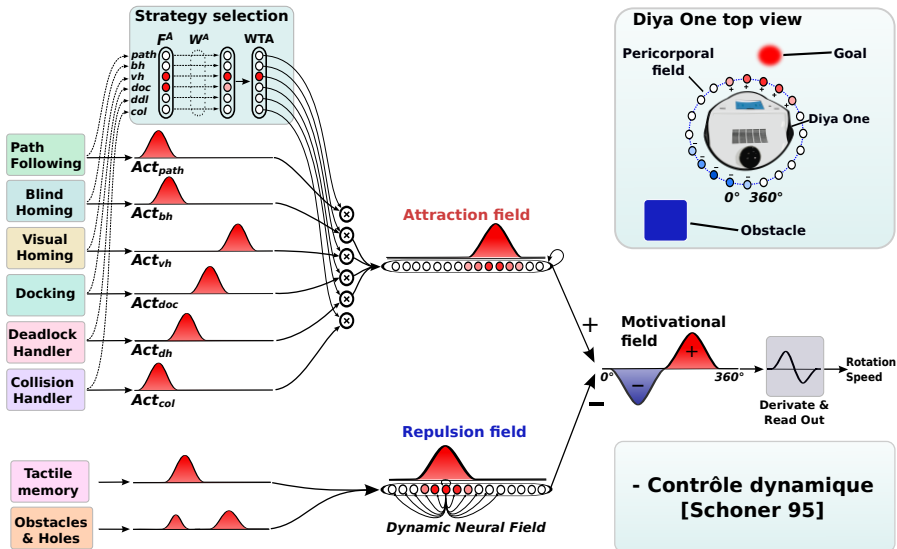
- Échantillonnage biaisé lors de l'apprentissage : fréquence différente entre situations sensori-motrice
- Effet de recense : biais sur les derniers apprentissages



## Principe :

- Moduler l'apprentissage en fonction de la nouveauté : apprentissage sur un delta dans l'activité. Pas d'apprentissage lorsque l'activité reste constante (stagnation dans un contexte sensori-moteur)
- Ajout d'un processus stochastique : L'erreur de prédiction alimente un groupe de neurones. Décharge par spikes de manière aléatoire, au delà d'un seuil d'activation. Modulation de l'apprentissage à intervalles irréguliers, permettant d'obtenir un échantillonnage aléatoire non-biaisé

# Architecture de contrôle



**- Contrôle dynamique [Schoner 95]**

# Champs de Neurones Dynamiques

## Équation d'Amari : [Amari 77]

$$\tau \cdot \frac{du(x, T)}{dT} = -u(x, T) + I(x, T) + h + \int_{z \in V_x} w(z) \cdot g(u(x - z, T)) dz$$

- $u(x, T)$  : activité du neurone  $x$  au temps  $T$
- $I(x, T)$  : entrée du système
- $h$  : constante négative de stabilisation

