

La Robotique Évolutionnaire comme modèle pour étudier la Théorie de l'Évolution

Simon Carrignon

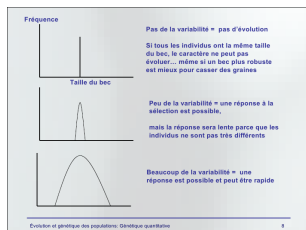
Directeurs : Frédéric Bouchard & Stephane Schmitt

Université Paris 7 Denis Diderot

9 Septembre 2013

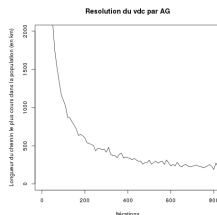
Pourquoi ce mémoire ?

Des théories biologiques :



(cours de génét. des pop., génét. quant., L2)

Des résultats en informatique :



(cours d'IA, L3)

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

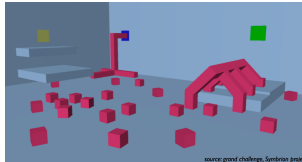
Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Un dialogue renouvelé et approfondi à travers la *Robotique Évolutionnaire*.

- ▶ Des problématiques communes
- ▶ Des méthodes communes



Avant Propos

La Théorie de l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Justifier l'utilisation de la Robotique Évolutionnaire pour étudier la théorie de l'Évolution.

1. La Théorie de l'Évolution.
2. Les outils pour l'étudier.
3. La Robotique Évolutionnaire.

Avant Propos

La Théorie de l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

La théorie darwinienne de l'évolution

La Robotique
Évolutionnaire comme
modèle pour étudier la
Théorie de l'Évolution

Chez Darwin [1859] :

Theory of descent with modification by variation and Natural Selection

D'après Gayon [1992], deux composantes :

- ▶ Descendance avec Modification : variation aléatoire et hérédité.
- ▶ L'Hypothèse de la sélection naturelle : "survival of the fittest" (formulation de Spencer).

Conséquences : une théorie qui explique comment les espèces se modifient et se différencient.

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode
Approches Open Ended

Conclusion

Références

Nous avons donc deux éléments qui structurent la théorie de l'évolution selon Darwin.

Mais des problèmes se posent :

- ▶ Descente avec Modification : théorie hérédité qui n'existe pas et critique Jenkin
- ▶ SN : impossible à "prouver"

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Des Biométriciens à la Synthèse Moderne

Après de Darwin : tentatives de résoudre les précédents problèmes et d'articuler la biologie autour de la vision darwienne.

1. Les Biométriciens : “preuve” empirique de l'action de la SN
2. Les Mendéliens : théorie génétique mendélienne en contradiction avec les hypothèses darwiniennes.

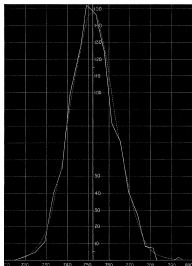


FIGURE: Weldon [1892]

Parents	L	r
L	LL	Lr
r	Lr	rr

TABLE: Hybridation de caractères mendéliens.

Puis, Fisher, Haldane, Wright, les architectes de la génétique des populations et la *Synthèse Moderne*.

Synthèse Moderne :

- ▶ Les individus biologiques sont le produit de l'information génétique transmise par les gamètes (Weismann et dogme central) :
ADN → transcription → traduction → protéine
- ▶ L'information génétique est transmise de G^- en G^- via l'ADN et varie aléatoirement.
- ▶ L'évolution correspond à des changements de fréquences alléliques.

Vision de l'évolution directement reprise et appliquée "aveuglement" en AE et RE : nécessité de bien la comprendre, son histoire, les choix faits...

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches Open Ended

Conclusion

Références

Étudier certains débats (par ex. les unités de sélection) permet :

- ▶ illustrer limites et nuances,
- ▶ dégager des visions alternatives.

Une vision actuelle pour concilier nombreux points de TSE et approches divergentes : vision de PGS.

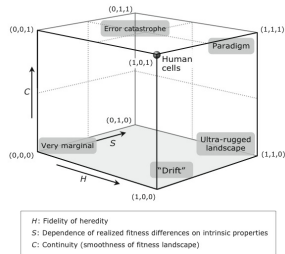


FIGURE: extrait de Godfrey-Smith [2009, p. 64]

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Quelles méthodes existent ?

1. Sélection Artificielle & Modèles expérimentaux
2. Expériences de pensée
3. Modèles théorique & simulation

Remarque

Il ne s'agit pas d'une recherche exhaustive mais sélection de méthodes :

- ▶ largement utilisées et reconnues,
- ▶ qui partagent des points essentiels avec la RE.

Amener l'évolution dans le laboratoire :

1. Darwin avec la SA des éleveurs.
2. Morgan & Dobzhansky avec les Drosophiles.
3. Lenski and Travisano [1994] avec E. Coli.

Problèmes

- ▶ Échelles temporelles,
- ▶ Limitations à certains organismes vivants très particuliers,
- ▶ ...

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Imaginer une situation particulière pour comprendre un problème : pas de limite sur le type d'EV, pas de restrictions expérimentales. . .

Problèmes

- ▶ Aucun lien avec données empiriques.
- ▶ Nombreux paramètres mis de côté
- ▶ Aprioris et biais introduits inconsciemment...

→ Même les plus critiques s'accordent sur la valeur, au moins suggestive, des expériences de pensée.

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Nouvelles approches de la science (Vue sémantique des théories, V. Frassen, Suppes, . . .) qui s'articulent mieux avec la biologie de l'évolution.

Construction de modèles artificiels (informatiques) pour étudier la biologie (cf Vie Artificielle)

Avantages

- ▶ Simulation de VA comme : “*Opaque Though Experiment*”
 - ▶ Grande Liberté,
 - ▶ Contourne les problèmes liées à étude sur être vivants.
- ▶ études de systèmes complexes,
- ▶ plus de puissance que les expériences de pensées,
- ▶ finesse de conception et d'analyse des résultats,
- ▶ . . .

Lien avec la biologie parfois difficiles (notamment pour *alife*) et connexions empiriques nécessaires.

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

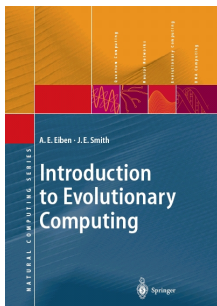


FIGURE: Eiben and Smith [2003]

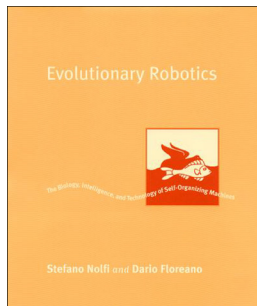


FIGURE: Nolfi and Floreano [2000]

Algorithmique Évolutionnaire 1970 :
Holland [1975]

Robotique Évolutionnaire 1990 : Nolfi
and Floreano [2000]

→ utiliser Darwin pour concevoir des systèmes artificiels

Algorithme 1 : Un Algorithme classique de Robotique Évolutionnaire

Définition de la tâche

Choix des contrôleurs

Initialisation de la génération G0

while *Expérimentateur* \neq *satisfait* **do**

 Test des contrôleurs

 Calcul de la fitness

 Sélection

 Reproduction (mutations,croisements) & création d'une nouvelle génération

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références



FIGURE: Floreano 90

Problèmes pratiques et théoriques (lenteur, optimisation via fitness)

Approches *Open Ended* non dirigées

La Robotique
Évolutionnaire comme
modèle pour étudier la
Théorie de l'Évolution

Objectif :

- surmonter les problèmes de ER traditionnelle.

Solution :

- rapprochement avec la biologie.

Approche open ended : pas de but à l'évolution, étude de l'évolution en elle même,

et,

Évolution non dirigée : éviter au maximum l'introduction de critères "objectifs" (qui mobilisent une connaissance extérieur) de sélection.

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Lier Robotique et Biologie via l'approche de PGS.

Exemple :

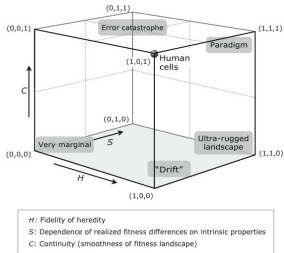


FIGURE: extrait de Godfrey-Smith [2009, p. 64]

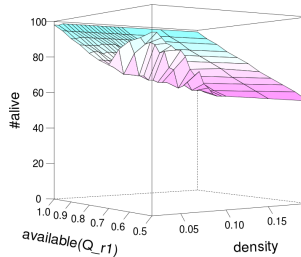


FIGURE: Travail mémoire de master EPHE avec N. Bredèche

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

Robotique Évolutionnaire et Biologie, un échange à double sens

La Robotique
Évolutionnaire comme
modèle pour étudier la
Théorie de l'Évolution

- ▶ concepts fondamentaux et théoriques doivent être discutés pour que les transferts Bio → Info soient fructueux.
- ▶ RE : candidate idéale pour explorer ces théories et fournir des éclairages différents (Robot → Bio).

Avant Propos

La Théorie de
l'évolution

Histoire et Structure

Méthodes d'études

Sélection Artificielle &
Modèles expérimentaux

Les expériences de pensée

Modèles théoriques &
Simulation

La Robotique
Évolutionnaire

Histoire & Méthode

Approches *Open Ended*

Conclusion

Références

- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or, the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London.
- Eiben, A. and Smith, J. (2003). *Introduction to Evolutionary Computing*. Natural Computing Series. Springer.
- Gayon, J. (1992). *Darwin et l'après-Darwin : Une histoire de l'hypothèse de sélection naturelle*. Edition Kimé.
- Godfrey-Smith, P. (2009). *Darwinian Populations and Natural Selection*. Oxford University Press.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial system : an introduction with application to biology, control and artificial intelligence*. Ann Arbor, MI : The University of Michigan Press,.
- Lenski, R. and Travisano, M. (1994). Dynamics of adaptation and diversification : a 10,000-generation experiment with bacterial populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(15) :6808.
- Nolfi, S. and Floreano, D. (2000). *Evolutionary Robotics : The Biology, Intelligence, and Technology of Self-Organizing Machines*. Cambridge, MA : MIT Press/Bradford Books.
- Weldon, W. F. R. (1892). Certain Correlated Variations in *Crangon vulgaris*. *Royal Society of London Proceedings Series I*, 51 :1–21.