

Chapitre 3 : Evolution dans le silicium

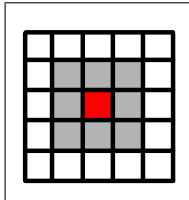
Murat Yıldızoğlu <http://yildizoglu.u-bordeaux4.fr>

- Simuler la dynamique d'évolution
- Utiliser l'évolution pour calculer

Un jeu très simple sur un damier.

Cases → deux états possibles : *vide* ou *occupé*.

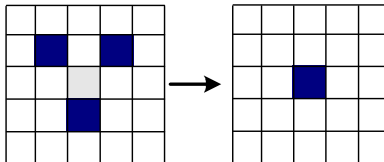
Chaque case → huit voisins immédiats :



Evolution des cases → trois principes élémentaires :

Principe de naissance : Si la case est vide et trois des cases voisines sont occupées, alors elle *occupée*.

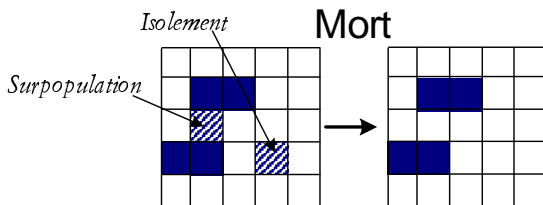
Naissance



Principe de conservation : Si elle est occupée, elle ne *reste occupée* que si elle a deux ou trois voisins actifs.

Principe de mort : Si elle est occupée, elle devient *vide* dans les deux cas suivants :




- si elle est entourée de 0 ou de 1 voisin occupé (mort par *isolement*) ;
- si elle est entourée de 3 voisins occupés ou plus (mort par *surpopulation*).



L'état suivant d'une case \rightarrow compter ses voisins immédiats (cases occupées) :

- s'il y en a exactement deux, la case conserve son état ;
- s'il y en a exactement trois, la case change d'état ;
- sinon la case devient vide

Règles très simples \rightarrow des dynamiques sophistiquées : reproduction à l'identique, évolution cycliques, disparitions, transformations et développement, etc.

-  Logiciel et applet pour simuler le jeu de la vie de Conway :
<http://www.mirwoj.opus.chelm.pl/ca/index.html>
-  Site français sur le Jeu de la vie :
http://perso.wanadoo.fr/cypris/Divers/le_jeu_de_la_vie.htm
-  Site français sur la vie artificielle (autour du livre de Jean-Philippe Renard) :
<http://www.rennard.org/iva/ag.html>

4 janvier 1990 : Tom Ray → une forme de vie qui n'est pas basé sur la chaîne de carbone.

Objectif : démarrer avec un organisme "parent" suffisamment flexible et capable d'auto-réplication de manière à donner lieu à une évolution ouverte

→ synthèse de la vie

→ Tierra → création "d'organismes numériques".

→ fragments de programmes informatiques.

Compétition pour l'accès aux *ressources naturelles* : l'espace mémoire de l'ordinateur et le temps de l'unité centrale de l'ordinateur

Temps processeur → duplication (reproduction)

Tierra = *ordinateur virtuel*

Volume de mémoire = le *bouillon* de la vie (les organismes s'auto-réplique dans ce bouillon)

L'évolution dans Tierra est alors basée sur :

- l'allocation de mémoire protégée à chaque organisme ;
- le partage du temps de calcul du processeur entre les organismes
- la mortalité (quand la soupe devient trop *plein*, certains organismes meurent, mais leur code reste dans la soupe et il pourrait être utilisé par d'autres organismes) ;
- l'introduction de la diversité

→ Vie artificielle dans Tierra.

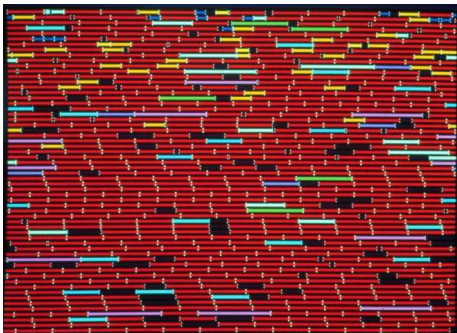
En une nuit (3 janvier 1990) :

Instruction très simple de 80 bits → écosystème formée de 336 de classes d'instructions différentes dont 93 possédait une population d'au moins 5 individus.

→ 336 espèces différentes

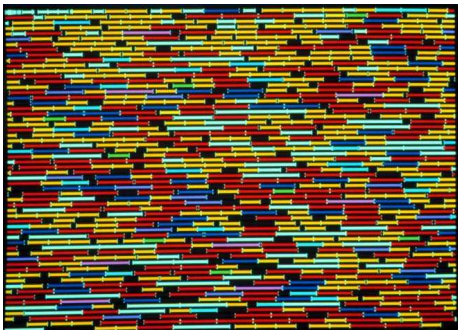
→ mais aussi : des parasites

D'abord...



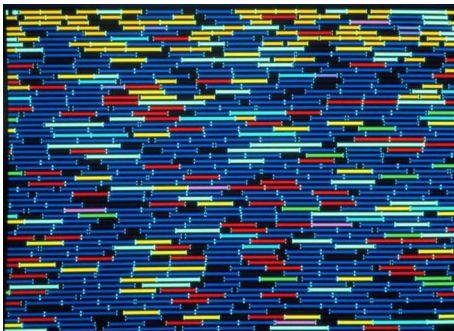
Surtout des *hôtes* (en rouge) et quelques *parasites* (en jaune)

Ensuite...




Les parasites se développent mais hôtes immunisés (en bleu)


Enfin...




Les hôtes immunisés dominent la population

Liens :

 Site en français présentant le projet Tierra :
<http://biblio-fr.info.unicaen.fr/bnum/jelec/Solaris/d05/5noyer.html>

 Site original du projet Tierra :
<http://www.his.atr.jp/~ray/tierra/>

 Le logiciel de vie artificiel AVIDA :
<http://dllab.caltech.edu/avida/>



Pour plus d'information sur la vie artificielle, consulter (Casti 1997) et (Sigmund 1995).

Algorithmes génétiques (AG)

→ algorithmes d'optimisation stochastique fondés sur les mécanismes de la sélection naturelle et de la génétique.

John Holland (1975/1992)

AG → reproduire le processus d'évolution.

Relation entre génotypes et phénotypes → le codage de l'espace des paramètres du problème

AG :

- Individu/chromosome/séquence
- Population
- Environnement
- Fonction de performance

A un niveau très général → les phases suivantes :

- 1 Initialisation : Une population initiale de chromosomes est tirée aléatoirement.
- 2 Évaluation : Chaque chromosome est décodé, puis évalué.
- 3 Sélection : Création d'une nouvelle population de chromosomes sur la base de la performance relative de chacun.
- 4 Reproduction : Possibilité de croisement et de mutation au sein de la nouvelle population.
- 5 Retour à la phase d'évaluation tant que la condition d'arrêt du problème n'est pas satisfaite.

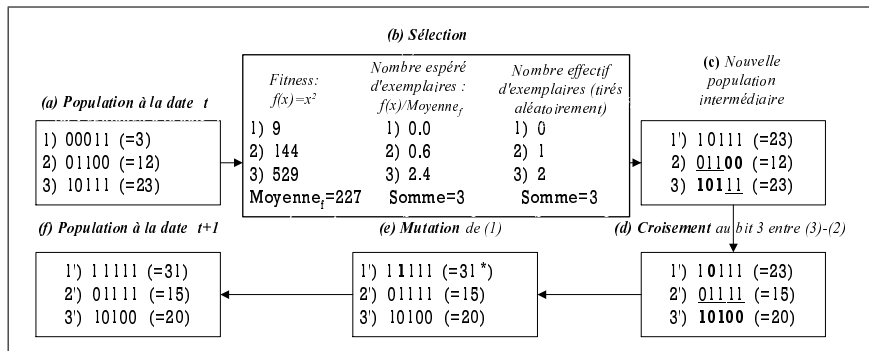
Chaînes binaires → chromosomes formés de 0 et de 1.

Chaînes binaires → les différents états d'un système

L'entier 13 codé en binaire : **1101**

$$\begin{array}{ccccccc} & 1 & & 1 & & 0 & & 1 \\ & \mathbf{1} & * & \mathbf{2}^3 & + & \mathbf{1} & * & \mathbf{2}^2 & + & \mathbf{0} & * & \mathbf{2}^1 & + & \mathbf{1} & * & \mathbf{2}^0 & = & 8 + 4 + 0 + 1 = 13 \end{array}$$

Un exemple simple



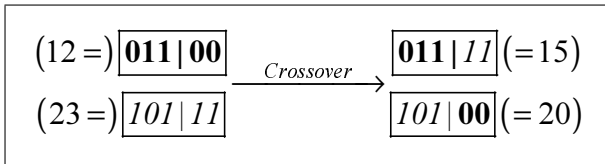
Opérateur de Sélection :

Probabilité de survie d'un individu \leftarrow sa performance relative au sein de la population.

Opérateur de Croisement :

Croisement \rightarrow création de nouveaux individus

\rightarrow l'échange d'information entre les chromosomes (individus) par le biais de leur combinaison.



Un exemple de croisement

Mais insuffisant (problème de nouveauté)...

Opérateur de Mutation :

Mutation → modifier aléatoirement, avec une certaine probabilité, la valeur d'un composant de l'individu.


Codage binaire → chaque bit est remplacé selon une probabilité par son complémentaire : 1 par 0 et 0 par 1.

Mutation → une propriété très importante de l'AG : l'ergodicité (i.e. tous les points de l'espace de recherche peuvent être atteints).

→ Double rôle : effectuer une recherche locale et/ou sortir d'une trappe (optima locaux).

Problème potentiel : *convergence prématurée*

Liens :

 Site français d'application des AG au vieux problème du voyageur de commerce :




<http://www.rennard.org/iva/ag.html>



(Vallée & Yildizoglu 2004)

Partie II

Economie et évolution

-  Casti, J. L. (1997), *Would-be Worlds. How Simulation is Changing the Frontiers of Science*, John Wiley & Sons.
-  Sigmund, K. (1995), *Games of Life*, Penguin Books, London.
-  Vallée, T. & Yildizoglu, M. (2004), 'Présentation des algorithmes génétiques et de leurs applications en économie', *Revue d'Economie Politique* **114**, 711–745.