

ÉMERGENCE DE VIE ARTIFICIELLE ASYMÉTRIQUE DANS LENIA

AUTOMATES CELLULAIRES ET JEU DE LA VIE

Les automates cellulaires sont une classe d'objets mathématiques constitués d'un regroupement d'unités de base nommées *cellules*, qui interagissent par des règles simples et locales. Le jeu de la vie, créé par John Conway en 1970, est l'un des automates cellulaires les plus connus. Il est constitué d'une grille de cellules carrées qui ont un état d'un ou de zéro. On applique à chaque cellule des règles basées sur le nombre de cellules d'état un dans son voisinage pour déterminer l'état de cette même cellule à l'itération suivante. Ces règles, bien que simples, permettent l'émergence de structures complexes aux comportements qui rappellent des formes de vie simples.



Figure 1 : Jeu de la vie

LENIA

Lenia est un automate cellulaire atypique par sa manière de briser le caractère discret des automates cellulaires plus traditionnels. Il s'inspire du jeu de la vie pour créer un espace continu où tous les points peuvent prendre toutes les valeurs d'état comprises entre zéro et un. Pour faire évoluer cet automate, il faut cette fois-ci considérer une « valeur moyenne de vie » autour de chaque point. Cette valeur peut être pondérée par des filtres qu'on nomme noyau de convolution. Ensuite, on utilise une fonction mathématique appelée « fonction de croissance », qui indique comment augmenter ou diminuer l'état du point étudié à cet instant, et on applique ce changement à l'état de la cellule. Tout comme le jeu de la vie, Lenia permet également l'émergence de structures qui peuvent se déplacer et qui rappellent des organismes simples.

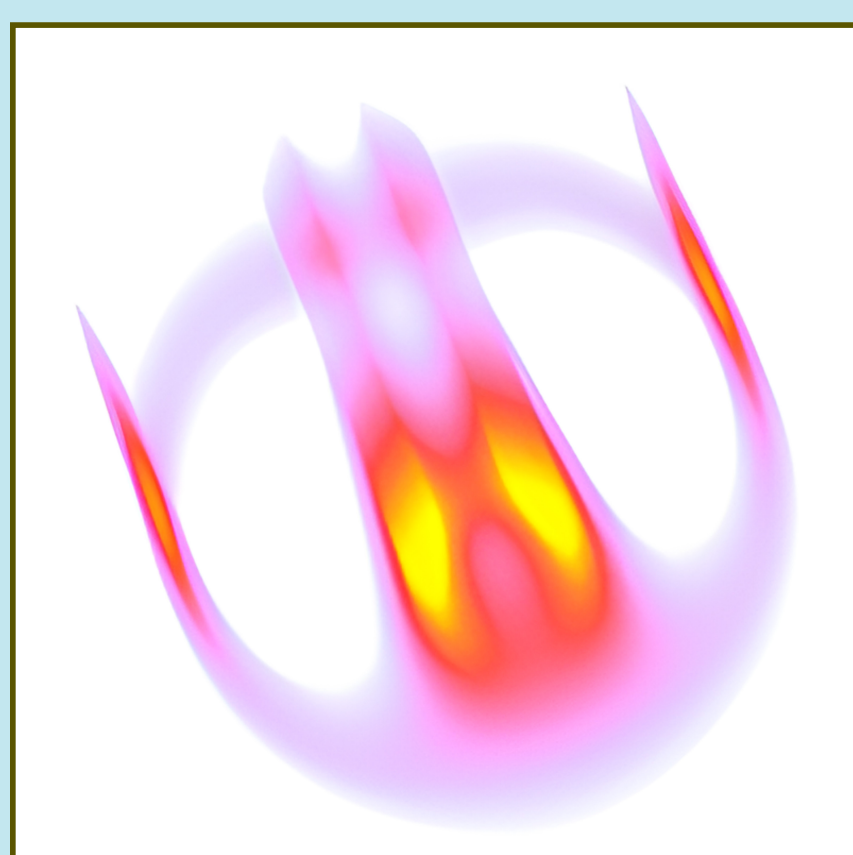


Figure 3 : Une forme de « vie artificielle »

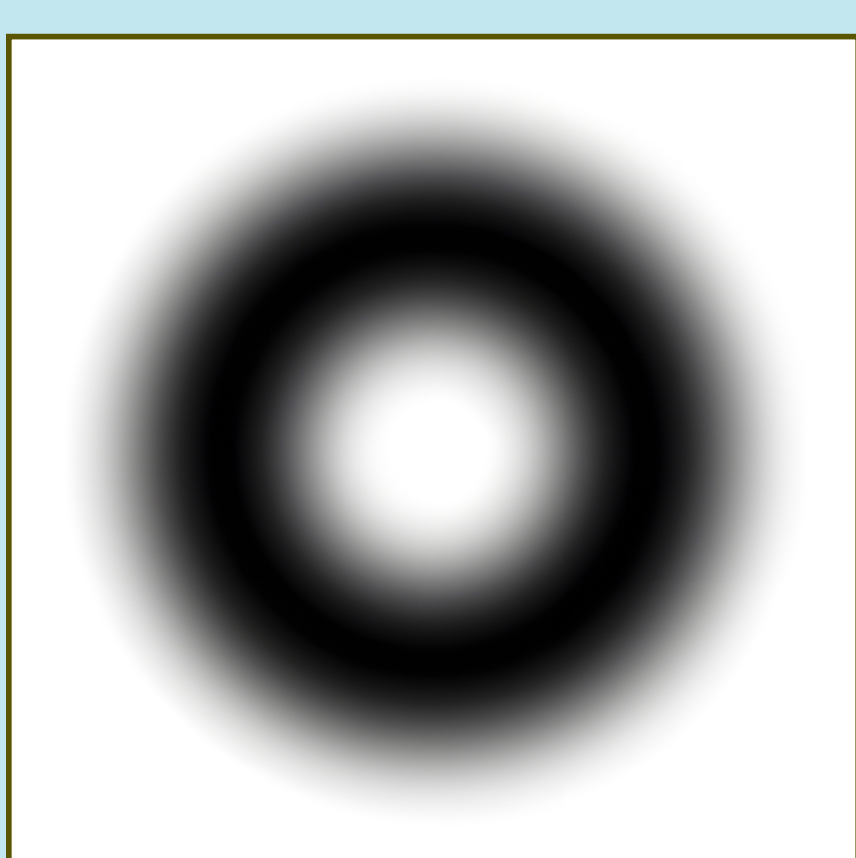


Figure 2 : Un noyau de convolution

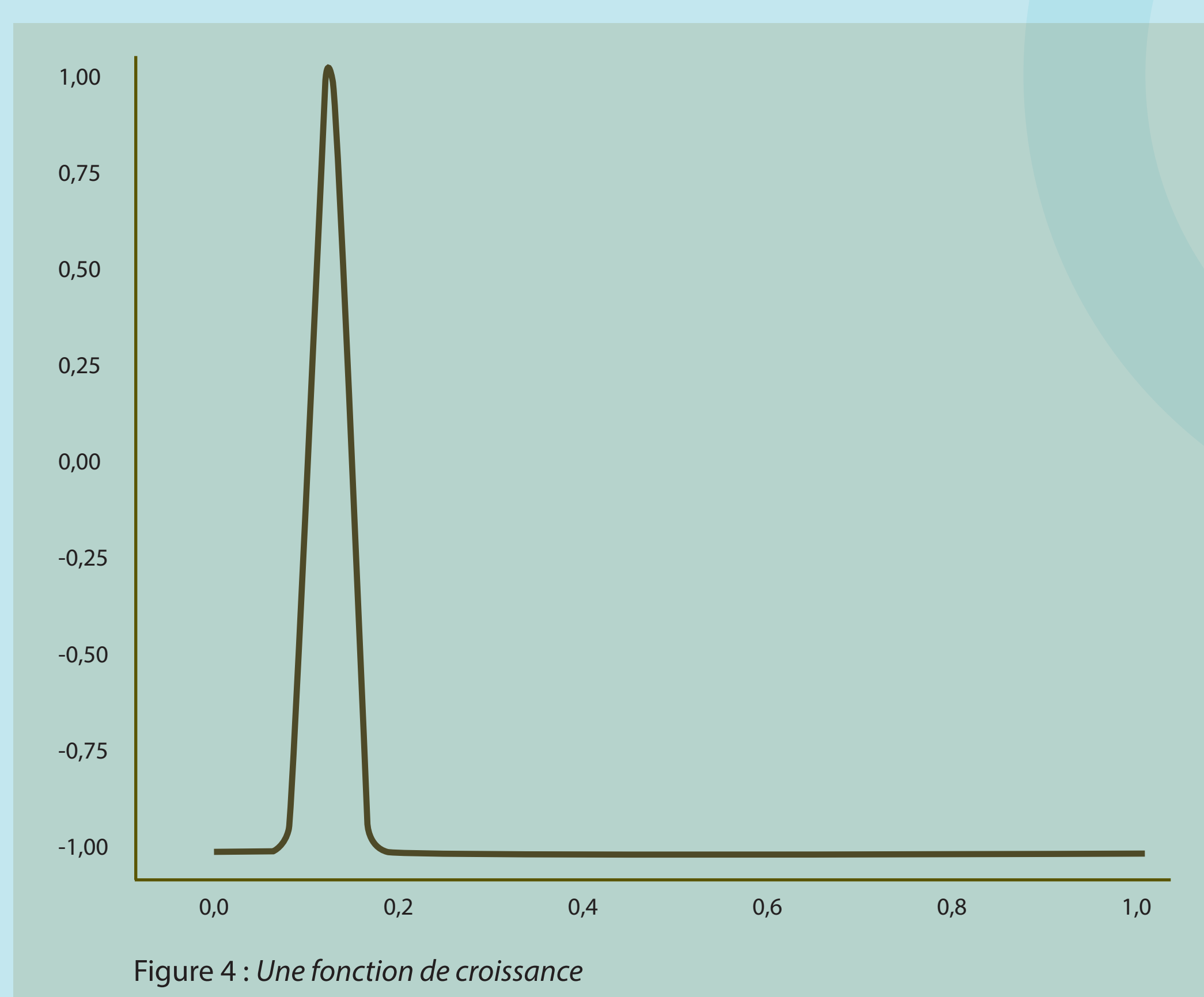


Figure 4 : Une fonction de croissance

Simulation

Paramètres

Pause
 Enregistrer
 Charger un état
 Effacer
 Aléatoire
 Carré
 Rayon pinceau : <10>
 Intensité pinceau : <0.50>

Étamper
 Angle : <000>

Noyau : <0>
 Rayon : <104>
 Mu : <0.14>
 Sigma : <0.014>
 Fonction du noyau : Exponentielle
 Fonction de croissance : Gaussienne
 Noyau asymétrique : [x]
 Appliquer les changements

Afficher les statistiques

Statistiques

Canal choisi : <tous>
 Masse totale : 4367.0mg
 Volume total : 13057.00mm³
 Densité totale : 0.3345mg/mm³
 Distance centroïde centre de croissance : 15.03mm
 Vitesse de déplacement du centroïde : 60.83mm/s
 Vitesse angulaire de déplacement du centroïde : 0.083rad/s
 Asymétrie de la masse : 36.79mg
 Pourcentage d'asymétrie de la masse : 0.842%

Afficher le centroïde
 Afficher le centre de croissance
 Afficher le vecteur de déplacement

Figure 5 : Implémentation

IMPLÉMENTATION

La première étape de notre projet de recherche était de programmer nous-mêmes Lenia à partir du modèle théorique. Pour ce faire, il faut discrétiser ce modèle, puisqu'il serait autrement impossible d'effectuer des calculs pour une infinité de points. Heureusement, Lenia est un modèle qui converge suffisamment bien pour que les résultats observés soient similaires aux résultats qu'on obtiendrait avec le modèle théorique continu. Notre implémentation a été réalisée dans le langage de programmation *Processing* et est disponible au dépôt <https://github.com/Samuelzila/lenia>. Pour accélérer les calculs, nous avons par exemple implémenté l'algorithme de transformation de Fourier rapide sur le processeur graphique de l'ordinateur.



RÈGLES ASYMÉTRIQUES

Dans les versions déjà existantes de Lenia tout comme dans le jeu de la vie, toutes les règles sont symétriques, c'est-à-dire qu'une rotation du voisinage d'une cellule n'aurait aucun effet sur son évolution. Or, les conditions terrestres ne respectent pas cette condition à cause de la gravité. Ainsi, dans un objectif de simulation de cette force, nous avons implémenté des règles asymétriques, c'est-à-dire que les cellules situées en bas sont considérées comme plus importantes lors du calcul de la valeur moyenne de vie autour d'un point. Nos expérimentations avec ces règles nous ont menés à la découverte d'une première forme de « vie artificielle » asymétrique que nous avons nommée *Pulmenti primordia*.



Figure 6 : Pulmenti primordia